平成 23 年度 林野庁補助事業　地域材供給倍増事業

木質バイオマス利用に係る環境影響評価調査等支援のうち

木質バイオマス LCA 評価事業

報　告　書

平成 24 年 3 月

株式会社森のエネルギー研究所

事業概要

目　的

木質バイオマス燃料は、一般的にカーボンニュートラルであるとされており、化石燃料を代替することによる温室効果ガスの削減に貢献するとされている。しかしながら、木質バイオマス燃料を製造する際、原材料の調達や製造段階で電力や化石燃料を使用するため、本質的な意味で、地球温暖化防止への貢献度が十分に明らかにされていない状況である。そこで、本事業では、丸太および木質バイオマス燃料（薪・チップ・ペレット）の LCA（ライフサイクルアセスメント）による環境影響評価を行い、それらの環境貢献度を明らかにすることを目的とした。

調査方法

評価対象は国内で丸太、薪、チップ、ペレットを製造している民間事業者（各 3 社）とし、調査方法は以下のとおりである。

・機能単位：木質バイオマス燃料 1GJ 相当分
・システム境界：原材料製造から製品輸送まで
・フォアグラウンドデータ：各社における聞き取り調査
・主なバックグラウンドデータ：LCI データベース IDEA ver.1.0
・影響評価手法：LIME2（日本版被害算定型影響評価手法第 2 版）
・影響評価領域：資源消費、地球温暖化、酸性化、都市域大気汚染、光化学オキシダント、有害化学物質、生態毒性、廃棄物

結果と考察

調査で得られた、国内製造木質バイオマスの原材料製造から製品輸送までの社会コストおよび温室効果ガス（GHG）排出量を表 1 に示す。この GHG 排出量の結果を、海外産木質バイオマスの GHG 排出量（海外文献調査で得られた結果に製品の海上輸送と輸入された製品の国内輸送を含めた値）と比較したところ、国内製造木質バイオマスの環境負荷が少ない結果となった。また、使用段階も含め、木質バイオマス燃料と化石燃料の GHG 排出量を比較したところ（熱利用機器の熱効率は想定値を使用）、木質バイオマス燃料の環境負荷が少ない結果となった（図 1）。

表 1.　国内製造木質バイオマスの環境影響評価結果

		薪	チップ	ペレット
社会コスト (円/GJ)	重量配分	17.6 (配分なし)	34.8	575.1
	価値配分		37.9	80.1
GHG 排出量 ($kg\text{-}CO_2eq$ /GJ)	重量配分	4.7 (配分なし)	13.4	26.4
	価値配分		7.8	8.0

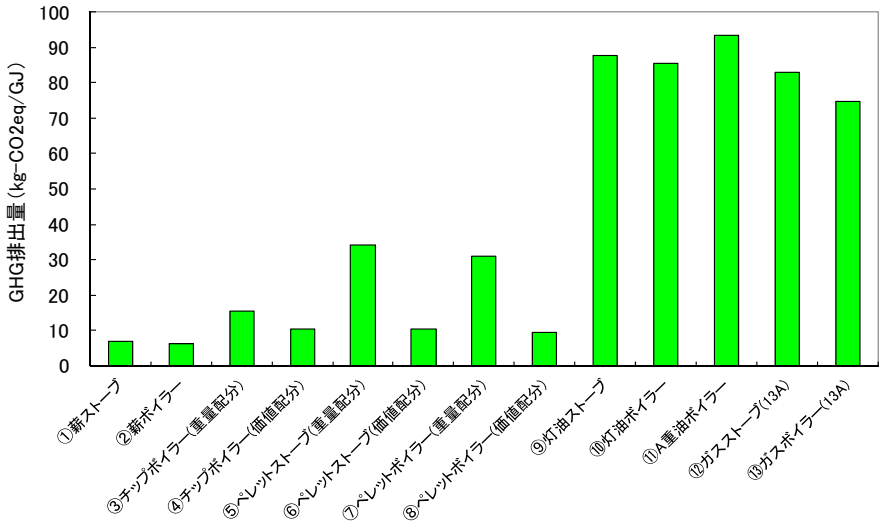


図 1.　GHG 排出量の他燃料との比較

これらのことから、今回調査対象とした事例においては、木質バイオマス燃料の使用は地球温暖化対策に効果があると考えられる。しかし、今回調査した事例が国内全体の状況を反映しているとは言い難く、また、木質バイオマス燃料の LCA に関する研究事例はまだまだ少ない。引き続き、木質バイオマス燃料の環境影響評価を実施してデータの信頼性を積み上げ、国民がより環境負荷の少ないエネルギーを選択できるよう広く理解を促すことが重要である。

目次

第 1 章 はじめに 1

1.1 本事業の背景及び目的 1
1.2 本事業の調査フロー 3
1.3 本事業での環境影響評価の方法 4
1.4 本報告書で使用する用語の定義、単位等 6
1.4.1 『国内製造木質バイオマス』の定義 6
1.4.2 SI 接頭語 6
1.4.3 熱量・エネルギーに関する単位 7
1.4.4 木材の水分率 7
1.4.5 木質バイオマスの低位発熱量 8
1.4.6 木材の生材密度 8

第 2 章 国内製造木質バイオマスの環境影響評価 9

2.1 緒言 9
2.2 調査範囲の設定等 9
2.2.1 調査対象、条件及び方法 9
2.2.2 システム境界 11
2.2.3 使用原単位 11
2.3 丸太の環境影響評価 12
2.4 木質バイオマス燃料（薪・チップ・ペレット）の環境影響評価 19
2.4.1 薪 19
2.4.2 チップ 24
2.4.3 ペレット 33
2.5 海外文献調査 41
2.5.1 調査方法 41
2.5.2 文献スクリーニング 42
2.5.3 調査文献の特定 43
2.5.4 調査結果 43
2.5.5 国内調査結果との比較 65
2.6 結言 69
2.6.1 丸太及び国内製造木質バイオマス燃料の環境影響評価結果 69
2.6.2 化石燃料との比較 71
2.6.3 今後の課題 72

第 3 章 木質バイオマス LCA 計算ツールの作成 76

3.1 はじめに 76
3.1.1 背景及び目的 76
3.1.2 計算ツールを使用することの意義 76
3.2 計算ツールの利用方法 77
3.2.1 計算ツールにおける木質バイオマスの LCA の基本的な考え方 77
3.2.2 計算ツールを使用した温室効果ガス排出量の算出フロー 78
3.2.3 計算ツールのシートの構成 79
3.2.4 計算ツールの入力手順 79
3.2.5 温室効果ガス排出量の評価 85
3.3 活用可能な LCI データベースおよび計算ツールの紹介 90
3.3.1 国内 90
3.3.2 海外 91
参考資料 92
用語の説明 93
検討委員会の経緯 95

第1章 はじめに

1.1 本事業の背景及び目的

平成 21 年 12 月に農林水産省から公表された森林・林業再生プランに掲げる「10 年後の木材自給率 50%以上」という目標を達成し、木材の利用拡大による森林の適切な整備や地球温暖化防止への貢献を実現するためには、「公共建築物木材利用促進法」の推進により住宅に依存しない木材需要構造を作るとともに、木材製品や木質バイオマスへの地域材利用を促進するための実需を拡大させる必要がある。

一方で、バイオ液体燃料については、平成 22 年 12 月に公表されたバイオマス活用推進基本計画において「LCA(※)を考慮し、実用化・普及まで至っているバイオマス活用技術は少ない」とされている。この点は、木質バイオマス燃料も同様であり、チップやペレットとして利用する際、原料調達や製造段階で電気や化石燃料を投入するため、本質的な意味で、地球温暖化防止への貢献度が十分に明らかにされていない状況である。したがって、LCA による環境影響評価を行った上で、使用する木質バイオマス燃料の選択と、実需拡大を進めていくことが望ましい。なお、本報告書で取り扱う環境影響評価とは、環境アセスメントではなく、LCA による評価を意味するものとする。

本事業の目的として、木質バイオマス燃料について、新たに設置する検討委員会で検討する LCA 評価方法により、モデル事例(丸太、薪、チップ、ペレット製造事業者各 3 社)に対して LCA 評価を実施し、得られた結果を基に、利用者にとって簡便な LCA 計算ツールを作成する。

作成した LCA 計算ツールはウェブ上で一般公開し、木質バイオマスの環境価値を利用者自らが把握することにより、木質バイオマス燃料の適切な選択、需要拡大に繋げることを目的とする。

※LCA(ライフサイクルアセスメント、Life Cycle Assessment)とは

製品・サービスがそのライフサイクル(原材料調達－設計・製造－流通－消費・使用－リサイクル－最終的な廃棄処分)にわたって、消費する資源・エネルギーおよび製品・サービスの排出する環境負荷を定量的に推定・評価し、それを基に製品・サービスの潜在的な環境影響を評価する手法である。同一の便益(機能)をもつ複数の製品・サービスについて、同一条件下での環境影響を比較することが可能であり、環境負荷の少ない製品・サービスの開発・改善、自社製品・サービスの環境配慮の優位性のアピール、環境戦略の立案、環境リスクの検討、マーケティングなどへの活用が期待できる。

LCA の概念を図 1-1 に示した。

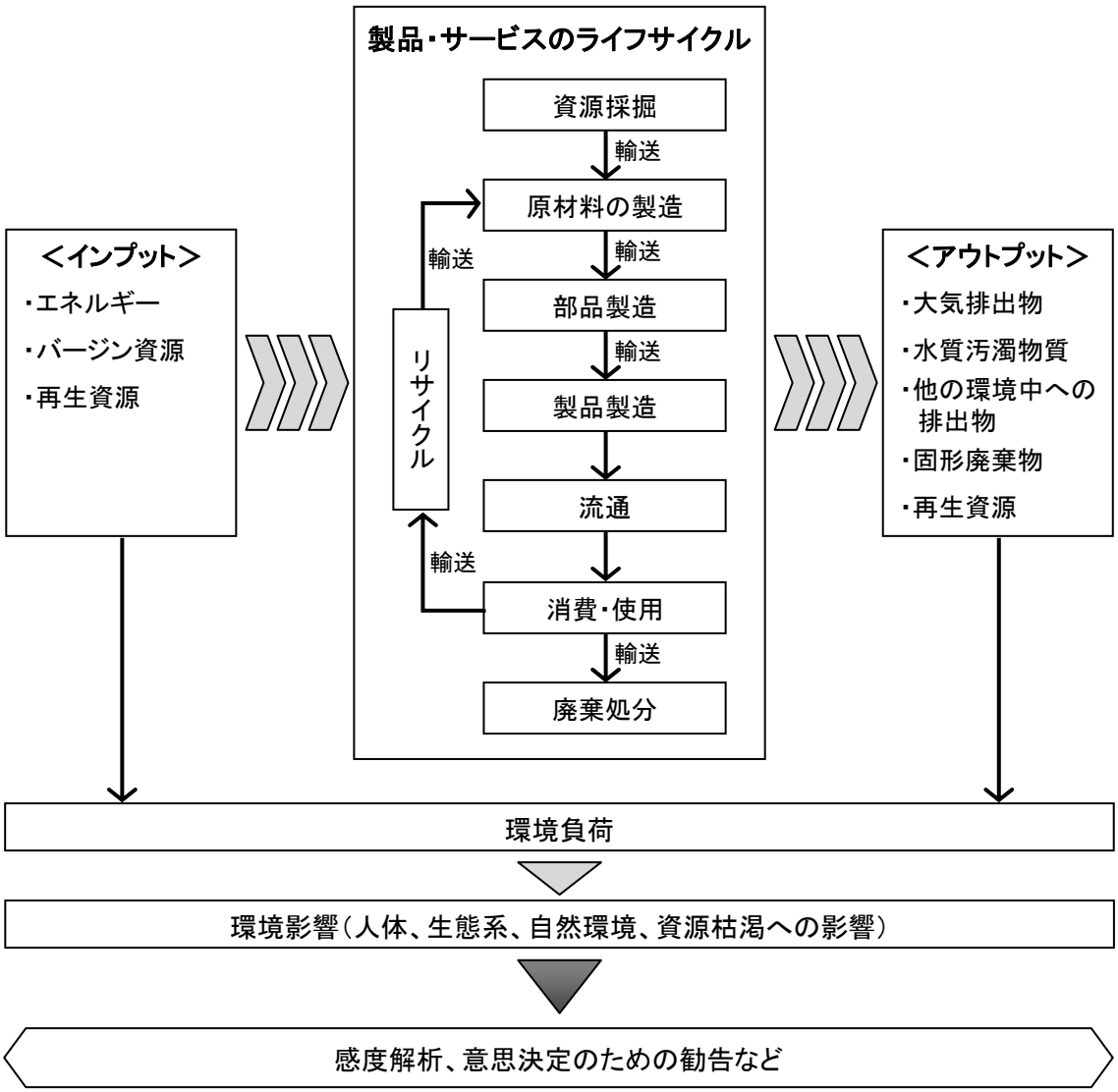


図 1-1　LCA の概念

LCA については、国際標準化機構（ISO）においても評価手法の規格化が行われている。ISO による LCA の枠組みと ISO 規格は、図 1-2 に示すとおりである。

LCA は基本的に、①目的と調査範囲の設定、②インベントリ分析、③影響評価（インパクト評価）、④解釈の 4 つの段階で構成されている。

①目的と調査範囲の設定

LCA をどのような目的で実施するのかを明らかにし、対象の範囲や機能単位、対象とするライフサイクルのステージ（システム境界）などの前提条件や制約条件を明確にする段階。

②インベントリ分析

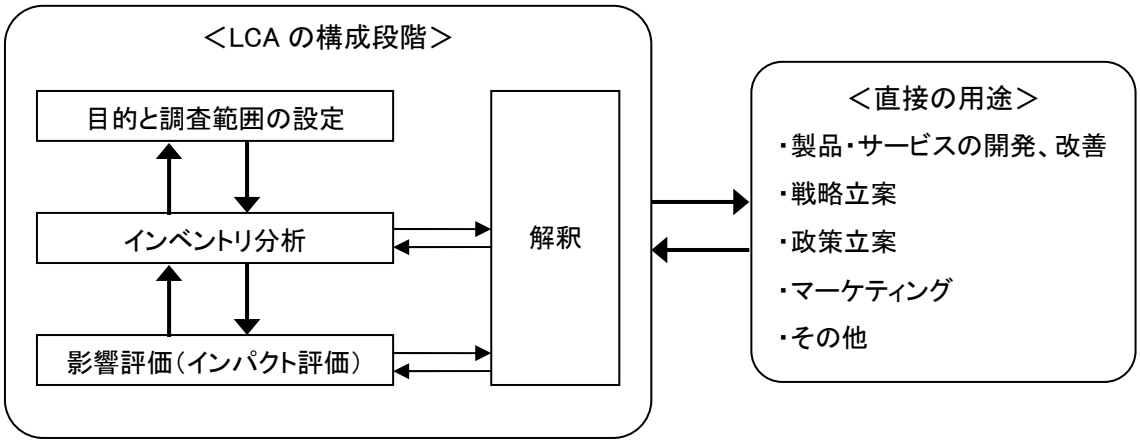
ライフサイクルにおける各ステージにおける環境負荷データ（インプットデータ、アウトプットデータ）を調査し、ライフサイクル全体での環境負荷を計算する段階。

③影響評価（インパクト評価）

インベントリ分析で得られた結果を、地球温暖化、大気汚染などといった環境影響項目（環境へのインパクトカテゴリ）に分類し、各項目に環境への影響度を評価する段階。

④解釈

インベントリ分析や影響評価から得られた結果を基に、環境に与える影響や改善点などをまとめる段階。



規格番号	表　題
ISO14040(JIS Q14040)	原則及び枠組み
ISO14041(JIS Q14041)	目的及び調査範囲の設定並びにインベントリ分析
ISO14042(JIS Q14042)	ライフサイクル影響評価
ISO14043(JIS Q14043)	ライフサイクル解釈

図 1-2　LCA の枠組みと ISO 規格

1.2 本事業の調査フロー

本事業は、図 1-3 の調査フローに従い実施した。

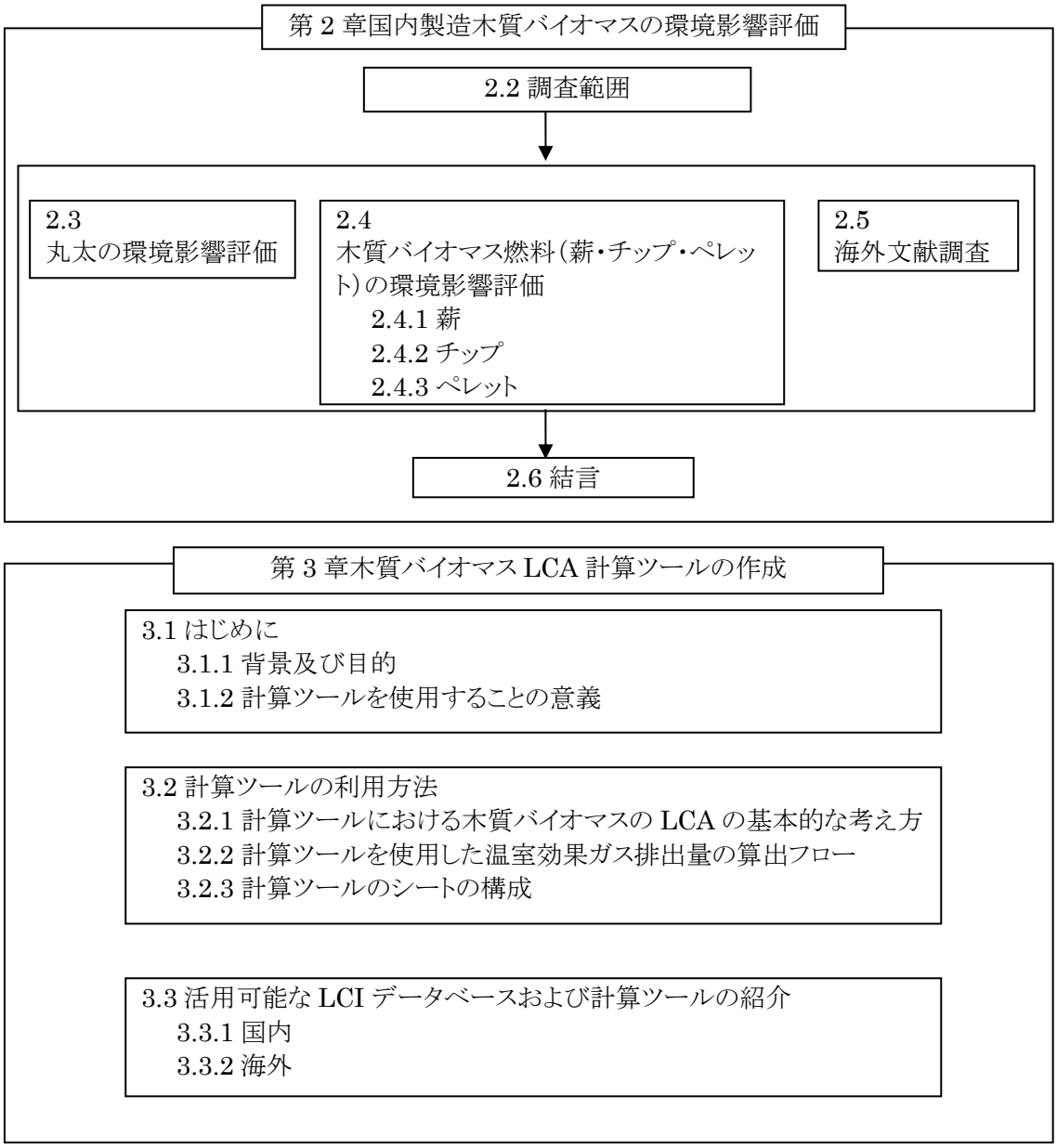


図 1-3　調査フロー

1.3 本事業での環境影響評価の方法

本事業での環境影響評価項目は下記 2 項目とした。

(1) 外部費用（社会コスト）

外部費用とは、市場において取引されないが特定の価値が減耗したものを費用として表示したものであり、本報告書では「社会コスト」として表記する。社会コストは、インベントリ分析結果に表 1-1 に示す日本版被害算定型影響評価手法の第 2 版(LIME2)[1)]の統合化係数を乗じて算出する。

表 1-1　LIME2 が開示する三種のリストの特徴 [6)]

	特性化係数リスト	被害係数リスト	統合化係数リスト
基礎となる学術領域	環境科学全般(自然科学)	疫学、保険統計学、緑地学、数理生物学、毒性学など(自然科学)	環境経済学、推測統計学、計量心理学(社会科学)
評価の対象	影響領域ごと	エンドポイントごと	環境全体
結果の項目数	15 項目	4 項目	単一指標
評価結果の意味、次元	基準物質の等価量(ex. 温暖化の場合 CO2 eq. kg, ある物質 1kg による温室効果は CO2 何 kg に相当するかを指す)	被害量(ex. 人間健康の場合; 損失余命, ある物質 1kg の負荷は損失余命何年分に相当するか。)	外部費用(ex. ある物質 1kg の負荷は社会的費用いくらに相当するか)
ISO14042 との関係	必須要素	任意要素(被害評価というステップは現在 ISO において定義されていない。)	任意要素
信頼性	相対的に高い。自然科学的知見に基づく。	特性化と統合化の中庸。概ね自然科学的知見に基づく。	社会の選好に基づく。
対象物質の網羅性	約 1000	約 1000	約 1000
主な用途	LCA	LCA	LCA、企業評価、環境効率、フルコスト評価、費用対効果分析
長所	・信頼性が高い ・ISO-LCA の必須要素	・自然科学的知見の下で四項目に評価結果を集約できる。	・単一指標が得られる ・トレードオフが発生しない ・応用範囲が広い
問題点	評価結果の項目数が多い	国際的な議論がまだ未成熟。不確実性が相対的に高いといわれる	価値判断が不可避的に導入される

(2) 温室効果ガス (GHG, Green House Gas) 排出量

原則として、インベントリ分析結果から得られた温室効果ガス(CO_2、CH_4、N_2O)の排出量に、IPCC 第 2 次報告書の 100 年値である GWP を乗じたものを足し合わせ、二酸化炭素換算量として温室効果ガス排出量(単位は kg-CO_2eq)を算出した。

1.4 本報告書で使用する用語の定義、単位等

1.4.1 『国内製造木質バイオマス』の定義

本事業では、国内の木質バイオマス燃料製造事業者 3 社の平均値と海外文献値を比較することから、用語を表 1-2 のとおり定義した。このうち、本事業で取り扱う木質バイオマスは、国内で調達された原材料を国内で薪・チップ・ペレットへと製造する『国産材国内製造木質バイオマス』及び、海外から調達された原材料を国内で薪・チップ・ペレットへと製造する『外国産材国内製造木質バイオマス』である。本報告書では、それら 2 つに該当する木質バイオマスを『国内製造木質バイオマス』と定義する。実際に、本事業で取り扱った木質バイオマス燃料のうち、海外からの原材料を用いているものは、全 12 事業者中ペレット 1 事業者のみである。

表 1-2　国内製造木質バイオマスの定義

※本事業では、赤線の枠で囲んだ木質バイオマスを『国内製造木質バイオマス』と定義する。

		原材料調達先	
		国内	海外
製品製造場所	国内	国産材国内製造木質バイオマス	外国産材国内製造木質バイオマス
	海外	国産材海外製造木質バイオマス	外国産材海外製造木質バイオマス

※赤枠線で囲んだ部分は、本事業で取り扱う木質バイオマス燃料の範囲を示す。

1.4.2 SI 接頭語

SI 単位の十進の倍量・分量単位を作成するために、単一記号で表記する SI 単位の前につけられる代表的な接頭語を表 1-3 に示した。

表 1-3　代表的な SI 接頭語

接頭語の記号	名称	科学的記数法
k	キロ	10^3
M	メガ	10^6
G	ギガ	10^9

1.4.3 熱量・エネルギーに関する単位

表 1-4　熱量・仕事エネルギー単位

	MJ(メガジュール)	kWh(キロワット時)	kcal(キロカロリー)
MJ	1	0.278	239
kWh	3.6	1	860
kcal	0.004186	0.00116	1

1.4.4 木材の水分率

木材に含まれている水分の考え方として、2 つの基準がある。

1 つは w.b.(ウェットベース)基準とよび、水分を含んだままの木材の重さを母数とし、その含まれている水分の重さを分子としたときの割合とするものである。(50%＝50/100×100)

2 つめは d.b.(ドライベース)基準とよび、その木材の絶乾重量を母数とし、含まれている水分の重さを分子としたときの割合とするものである(100%＝50/50×100)。本調査において標記する水分率はウェットベースを用いることとする。なお、BDT とは木材の絶乾時の重量トンを表している。

表 1-5　木材の水分率

ドライベース水分率 (% d.b.)	ウェットベース水分率 (% w.b.)
10	9.1
20	16.7
30	23.1
40	28.6
50	33.3
60	37.5
70	41.2
80	44.4
90	47.4
100	50.0
110	52.4
120	54.5

1.4.5 木質バイオマスの低位発熱量

高位(総)発熱量は一般的な熱量計によって測定された値で、水蒸気の蒸発熱を含んだ発熱量をいう。高位発熱量から水蒸気分の蒸発熱を減じた発熱量を低位発熱量というが、水蒸気となって排気される発熱量は回収システムを取り入れなければ利用できない。したがって、本調査における燃料の発熱量は低位発熱量を用いるものとする。木質バイオマス燃料の低位発熱量は下式により計算した[5)]。

使用時高位発熱量: H_h[MJ/kg] $=H_{h0}\times(1-w)$

使用時低位発熱量: H_l[MJ/kg] $= H_h-2.512\times(9h+w)$

$= (H_{h0}-2.512\times(9h_0+u))/(1+u)$

H_{h0}: 高位発熱量(無水時)[MJ/kg]

w: 水分量(湿量基準)[kg/kg]

H_0: 低位発熱量(無水時)[MJ/kg]

u: 水分量(乾量基準)[kg/kg]

h: 水素量(使用時) [kg/kg]

h_0: 水素量(全乾時) [kg/kg] ※一般的な木材の水素量である 0.06 を適用した。

1.4.6 木材の生材密度

表 1-6 に、丸太の環境影響評価で使用する生材密度を示す(第 2 章 2.3 項を参照)[5)]。本事業で対象とした素材生産事業者が取り扱う丸太の樹種割合を考慮し、生材密度を設定した。

表 1-6 使用した木材の生材密度

樹種	生材密度(t/m³)
スギ(茨城産)	0.642
ヒノキ	0.677

第2章 国内製造木質バイオマスの環境影響評価

2.1 緒言

木質バイオマス燃料はカーボンニュートラルであることから、環境負荷の低いエネルギー源であると考えられており、国策の後押しもあり、国内での普及が拡大しつつある。

一般的に、木質バイオマス燃料の利用により、化石燃料を代替すると、温室効果ガスの排出は削減される。その一方で、その製造・輸送過程等で化石燃料や消耗品を消費しているのも事実だが、これらの環境影響の大きさが十分に明らかにされていないのが現状である。丸太やペレットの環境影響に関する研究事例は僅かにあるのみとなっている。

以上の背景を踏まえ、本章では、国内で丸太、薪、チップ、ペレットを製造している事業者から各 3 社、合計 12 社を対象にケーススタディとして、各社の製品である丸太、薪、チップ、ペレットについて LCA による環境影響評価を実施した。

また、海外の木質バイオマス燃料に関する同様の研究事例の探索、海上輸送の環境負荷についての検討を実施し、参考として、本ケーススタディの評価結果と同水準での比較することを試みた。さらに、燃焼機器で使用することを想定し、化石燃料(原単位データ)と本ケーススタディとの比較・検証を実施した。

2.2 調査範囲の設定等

2.2.1 調査対象、条件及び方法

本調査における対象と条件及び方法を表 2-1 に示す。なお、本事業では丸太、薪、チップ、ペレットの製造を行っている各 3 社からデータを得、個人情報保護の観点から、3 社の加重平均値を結果として掲載した。

表 2-1　調査対象、条件及び方法

	丸太	薪	チップ	ペレット
対象製品	搬出材のうち、バイオマス燃料用丸太	薪	木質チップ	木質ペレット
対象事業者数	3 社(4 施業地)	3 社	3 社	3 社
機能単位	1t 相当分	1GJ 相当分		
調査期間	事業者ごとに異なる。詳細は各項を参照。			
データ収集方法	聞き取り調査			
インベントリ分析方法	積み上げ法			
主な環境負荷物質	・資源消費－石炭、原油、天然ガス、ウラン ・大気圏排出物－CO_2、CH_4、N_2O、NOx(点源)、NOx(線源)、SOx、ばいじん(点源)、ばいじん(線源)、炭化水素、As、Cd、Cr、Hg、Ni、Pb ・廃棄物－汚泥(埋立)、金属くず(埋立)、鉱さい(埋立)、土砂(埋立)			
環境影響評価手法	LIME2(日本版被害算定型影響評価手法第 2 版)[1)]			
影響領域	資源消費、地球温暖化、酸性化、都市域大気汚染、光化学オキシダント、 有害化学物質、生態毒性、廃棄物			
データ(3 社)の平均方法	加重平均 ※本事業内での傾向を示すため、加重平均値を採用した。			
配分方法	丸太、チップ、ペレットについては、配分を実施した。丸太については重量配分、チップ、ペレットについては重量配分と価値配分の結果を併記した。薪については配分を実施していない。			

2.2.2 システム境界

本調査における木質バイオマス燃料 LCA 評価のシステム境界を図 2-1 の点線枠内に示す。各対象製品の詳細なシステム境界については、各該当項目で記載する。なお、本調査においては、土地利用転換による環境影響は考慮しないものとする。

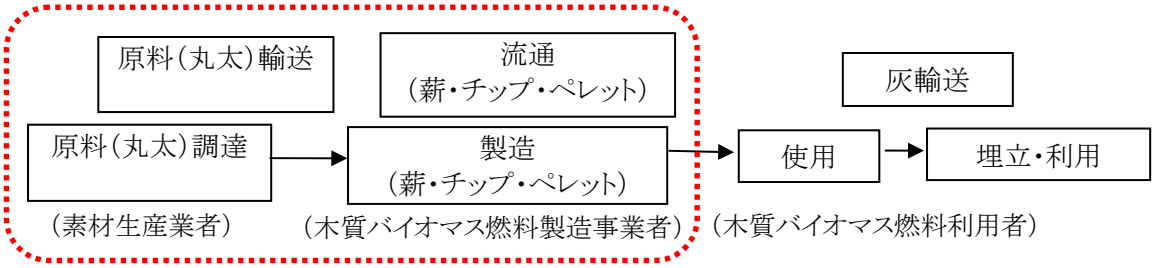


図 2-1　本事業でのシステム境界(点線枠内)

2.2.3 使用原単位

① インベントリ分析用原単位

原則として、LCI データベース IDEA ver.1.0 [2)]を使用した。丸太生産に関しては、聞き取り調査による入手が困難だったため、本事業より得られた丸太 1m^3 当たりの加重平均値に、生材密度 0.65t/m^3(※)を除することで、丸太 1t 当たりの原単位を作成した(表 2-2)。

※(独)森林総合研究所監修:“改訂 4 版 木材工業ハンドブック”, 丸善(株), pp.59

表 2-2　丸太 1t 当たりのインベントリ分析用原単位

区分	環境負荷項目	単位	丸太生産
資源消費	ウラン	kg	1.52E-09
	一般炭	kg	1.20E-02
	原油	kg	8.16E+00
	天然ガス	kg	1.37E-01
大気圏排出物	CO_2	kg	2.57E+01
	CH_4	kg	2.94E-02
	N_2O	kg	4.76E-04
	NOx	kg	8.17E-03
	NOx(線源)	kg	9.22E-03
	SOx	kg	2.01E-03
	ばいじん	kg	7.06E-04
	ばいじん(線源)	kg	1.02E-04
	炭化水素	kg	2.52E-04
	As	kg	1.07E-12
	Cd	kg	2.07E-23
	Cr	kg	5.27E-22
	Hg	kg	5.10E-19
	Ni	kg	1.56E-21
	Pb	kg	9.71E-13
廃棄物	埋立廃棄物	kg	1.44E-03

2.3 丸太の環境影響評価

(1) 丸太の評価対象

① 事業者概要

調査を行った 3 事業者の概要を表 2-3 に示す。

表 2-3　評価対象事業者概要（丸太）

	A 社	B 社	C 社（森林組合）
エリア	群馬県	山梨県	京都府
作業員数（人）	13	6	13
主な施業内容	皆伐、利用間伐	造林 、利用間伐	利用間伐、造林、育林
平成 22 年度年間素材生産量（㎥）	16,000	2,000	13,300
特徴	素材生産(間伐、皆伐)に特化した民間の林業事業体。高密度路網を作設し、プロセッサ、フォワーダ等の車両系機械を用いる。間伐方式は列状間伐及び定性間伐。	造林・育林や搬出間伐を行う民間の林業事業体。間伐方式は点状の定性間伐。主に従来型の林業機械を用いる。	地域の森林所有者と管理契約を結び提案型集約化施業を行う森林組合。ハーベスタ、フォワーダ等の車両系機械化システムを用いる。間伐方式は定性間伐。
写真			

② 評価対象地

A 社と B 社については施業地ごとのデータ、C 社については年間のデータを評価対象としている。A 社と B 社の施業地の選定基準としては、その事業者の平均的な特徴(傾斜、樹種等)を持つ施業地のうち、面積が広く長期間にわたり施業を行っているところとした。また、A 社は主伐と間伐のデータ、B 社と C 社は間伐のデータとなっている。各評価対象地の基本データは表 2-4 に示すとおりである。

なお、評価対象の基準単位は丸太 1 t とした。

表 2-4 評価対象地基本データ (丸太)

	A社(主伐)	A社(間伐)	B社	C社
① 施業内容	主伐	間伐	間伐	間伐
② 樹種	スギ ヒノキ	スギ ヒノキ	ヒノキ	スギ ヒノキ
③ データ取得期間	H22.3～H23.7	H21.11～H22.4	H22.3～10	H22年度(年間の全施業)
④ 面積(ha)	17	33	3	228
⑤ 集材方法	路網集材	路網集材	路網集材	路網集材
⑥ 作業システム	グラップル (作、伐、搬) チェーンソー(伐) プロセッサ (伐) フォワーダ (搬)	グラップル (作、伐、搬) チェーンソー(伐) プロセッサ (伐) フォワーダ (搬)	グラップル (作、伐、搬) チェーンソー(伐)	パワーショベル (作) グラップル (伐、搬) チェーンソー (伐) ハーベスター (伐) フォワーダ (搬)
⑦ 運材トラック	10tトラック	10tトラック	4tトラック	10tトラック 4tトラック
⑧ 平均輸送距離(km)	13	49	16	30
⑨ 出荷材積(m^3)	3,300	2,700	100	13,200

作:作業路開設、伐:伐倒・造材、搬:搬出

(2) システム境界

システム境界は図 2-2 に示したように、作業路開設から燃料製造工場への輸送までとした。データの取得は造林工程を含めた全行程について行ったが、このデータに基づき環境影響評価を行ったところ(評価手法は 2.3(3)～(5)を参照)、図 2-3 に示すように造林工程の環境影響は極めて小さくなることが明らかになった。また、造林工程の環境影響が小さくなることは先行研究 [7]においても報告されているため、本調査ではシステム境界外とした。

一般的な森林施業においては、間伐を数回繰り返したのち主伐が行われるが、本調査における間伐と主伐のデータはそれぞれに施業地が異なっており、また各施業地において作業路開設から輸送までのプロセスが完結しているため、プロセスごとのデータについては間伐と主伐の区別なく並列して扱うこととした。

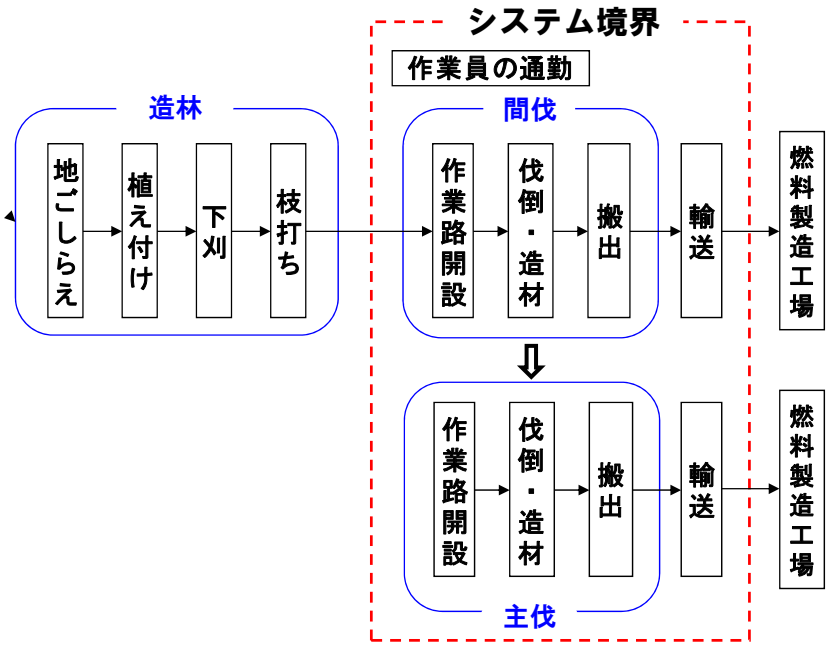


図 2-2　システム境界（丸太）

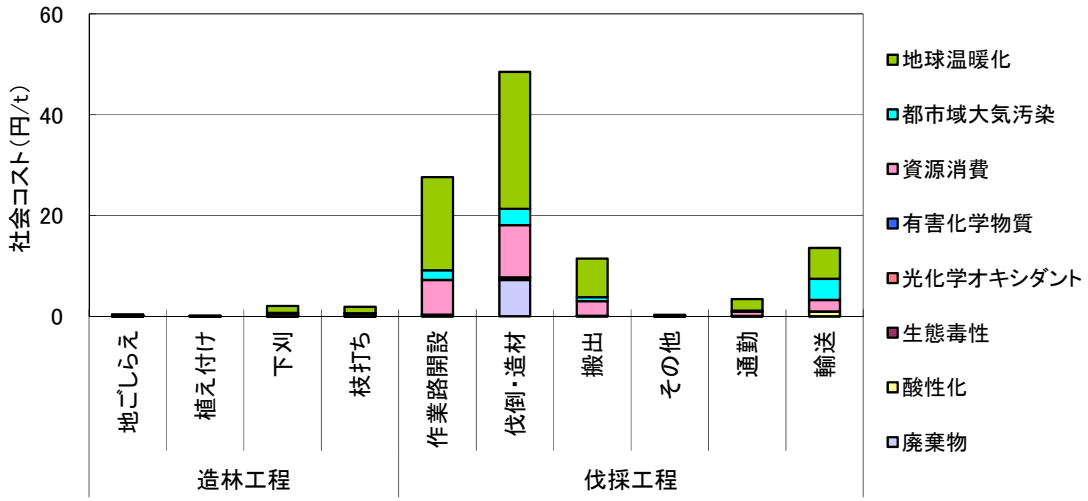


図 2-3　全工程の統合化結果（丸太）

(3) フォアグラウンドデータ

フォアグラウンドデータは 3 業者 4 施業地で聞き取り調査を行い、その結果の平均とした。通勤については、各施業地の総人工数と作業員の平均通勤距離から総通勤距離を求め、国土交通省が発表しているガソリン車の平均燃費 [8]を用いて通勤に係るガソリン使用量を求めた。なお、4 施業地の平均方法としては、調査期間内における各施業地からの丸太生産量による加重平均とした。表 2-5 にフォアグラウンドデータを示す。

表 2-5　フォアグラウンドデータ（丸太）

分類			単位	量
インプット	伐採工程	混合ガソリン	L	2.96E-01
		軽油	L	7.56E+00
		グリース	L	1.43E-01
	通勤	ガソリン	L	3.41E-01
	丸太輸送	軽油	L	3.21E-02
		4tトラック	t・km	3.92E+00
		10tトラック	t・km	7.25E+00
アウトプット		丸太	t	1.00E+00

※トラック輸送の数値は、輸送手段ごとに［ 積載量(t)×輸送距離(km) ］により得られた値である。この値に輸送トンキロの原単位をかけ合わせることで、輸送による環境負荷が求められる。参考までに、輸送トンキロの原単位の一例を表 2-6 示す。諸条件が同一であれば、積載量が大きくなるほど、また、積載率が高いほど、原単位は小さくなり、輸送手段による環境負荷は低くなる。

表 2-6　輸送トンキロの原単位の一例（参考）

輸送手段		GHG 排出量 ($kg-CO_2eq$)/(t・km)
トラック輸送(4 トン車)	積載率 50%	0.594
トラック輸送(4 トン車)	積載率 100%	0.320
トラック輸送(10 トン車)	積載率 50%	0.325
トラック輸送(10 トン車)	積載率 100%	0.176

(4) インベントリ分析

2.2.3 で示した原単位と、フォアグラウンドデータを掛け合わせることで、資源の消費量と環境負荷量が得られる。それらを工程ごとに示すと表 2-7 のようになった。バックグラウンドデータには LCA 計算支援ソフト MiLCA 付属のインベントリデータベース [9]を用いた。

表 2-7　インベントリ分析（丸太）

区分	環境負荷項目	単位	伐採工程					輸送	合計
			作業路開設	伐倒・造材	搬出	その他	通勤		
資源消費	ウラン	kg	1.76E-11	1.48E-09	9.35E-12	6.77E-13	4.86E-12	4.39E-12	1.52E-09
	一般炭	kg	8.69E-05	1.18E-02	5.22E-05	4.81E-06	1.94E-05	1.76E-05	1.20E-02
	原油	kg	2.41E+00	3.63E+00	1.00E+00	2.69E-02	2.98E-01	7.94E-01	8.16E+00
	天然ガス	kg	3.71E-02	6.76E-02	1.54E-02	4.17E-04	4.58E-03	1.22E-02	1.37E-01
大気圏排出物	CO2	kg	7.67E+00	1.13E+01	3.18E+00	8.54E-02	9.27E-01	2.53E+00	2.57E+01
	CH4	kg	8.58E-03	1.32E-02	3.56E-03	9.58E-05	1.06E-03	2.88E-03	2.94E-02
	N2O	kg	1.27E-04	1.85E-04	5.29E-05	1.42E-06	1.58E-05	9.31E-05	4.76E-04
	NOx	kg	2.72E-03	3.92E-03	1.13E-03	3.04E-05	1.32E-04	2.42E-04	8.17E-03
	NOx（線源）	kg	3.41E-06	5.40E-05	1.98E-06	6.72E-11	6.81E-05	9.09E-03	9.22E-03
	SOx	kg	5.42E-04	9.78E-04	2.26E-04	6.06E-06	1.11E-04	1.43E-04	2.01E-03
	ばいじん	kg	2.43E-04	3.56E-04	1.01E-04	2.73E-06	7.03E-08	3.03E-06	7.06E-04
	ばいじん（線源）	kg	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.02E-04	1.02E-04
	炭化水素	kg	2.01E-05	3.26E-05	8.35E-06	2.25E-07	2.49E-06	1.89E-04	2.52E-04
	As	kg	3.02E-15	1.07E-12	2.71E-15	3.85E-16	2.57E-18	2.32E-18	1.07E-12
	Cd	kg	5.83E-26	2.06E-23	5.24E-26	7.44E-27	5.38E-29	4.86E-29	2.07E-23
	Cr	kg	1.48E-24	5.24E-22	1.33E-24	1.89E-25	1.37E-27	1.24E-27	5.27E-22
	Hg	kg	1.43E-21	5.07E-19	1.29E-21	1.83E-22	1.32E-24	1.20E-24	5.10E-19
	Ni	kg	4.38E-24	1.55E-21	3.94E-24	5.59E-25	4.04E-27	3.65E-27	1.56E-21
	Pb	kg	2.73E-15	9.65E-13	2.46E-15	3.49E-16	2.33E-18	2.10E-18	9.71E-13
廃棄物	埋立廃棄物	kg	9.53E-06	1.42E-03	5.90E-06	5.72E-07	1.99E-06	1.80E-06	1.44E-03

(5) 丸太の統合化結果

表 2-7 ではどの領域に対する影響が大きいのか一目して分からないので、これらに日本版被害算定型影響評価手法の第 2 版（LIME2）[1)]の統合化係数を乗じ、環境影響評価を行った。表 2-8、図 2-4 に示す統合化結果を見ると、地球温暖化の影響が最も大きいことが分かる。

表 2-8　統合化結果（丸太）

影響領域	環境負荷項目	単位	伐採工程						合計
			作業路開設	伐倒・造材	搬出	その他	通勤	輸送	
資源消費	ウラン	円	0	0	0	0	0	0	0
	石炭	円	0	0	0	0	0	0	0
	原油	円	7	10	3	0	1	2	23
	天然ガス	円	0	0	0	0	0	0	0
地球温暖化	CO_2	円	18	26	7	0	2	6	60
	CH_4	円	1	1	0	0	0	0	2
	N_2O	円	0	0	0	0	0	0	0
酸性化	NOx	円	0	0	0	0	0	0	1
	NOx(線源)	円	0	0	0	0	0	1	1
	SOx	円	0	0	0	0	0	0	0
都市域大気汚染	NOx	円	0	1	0	0	0	0	1
	NOx(線源)	円	0	0	0	0	0	3	3
	SOx	円	1	2	0	0	0	0	4
	ばいじん	円	0	1	0	0	0	0	1
	ばいじん(線源)	円	0	0	0	0	0	1	1
生態毒性	As	円	0	0	0	0	0	0	0
	Cd	円	0	0	0	0	0	0	0
	Cr	円	0	0	0	0	0	0	0
	Ni	円	0	0	0	0	0	0	0
	Hg	円	0	0	0	0	0	0	0
	Pb	円	0	0	0	0	0	0	0
光化学オキシダント	炭化水素	円	0	0	0	0	0	0	0
有害化学物質	As	円	0	0	0	0	0	0	0
	Cd	円	0	0	0	0	0	0	0
	Cr	円	0	0	0	0	0	0	0
	Hg	円	0	0	0	0	0	0	0
	Ni	円	0	0	0	0	0	0	0
	Pb	円	0	0	0	0	0	0	0
廃棄物	埋立廃棄物	円	0	1	0	0	0	0	1
合計		円	28	42	11	0	3	14	99

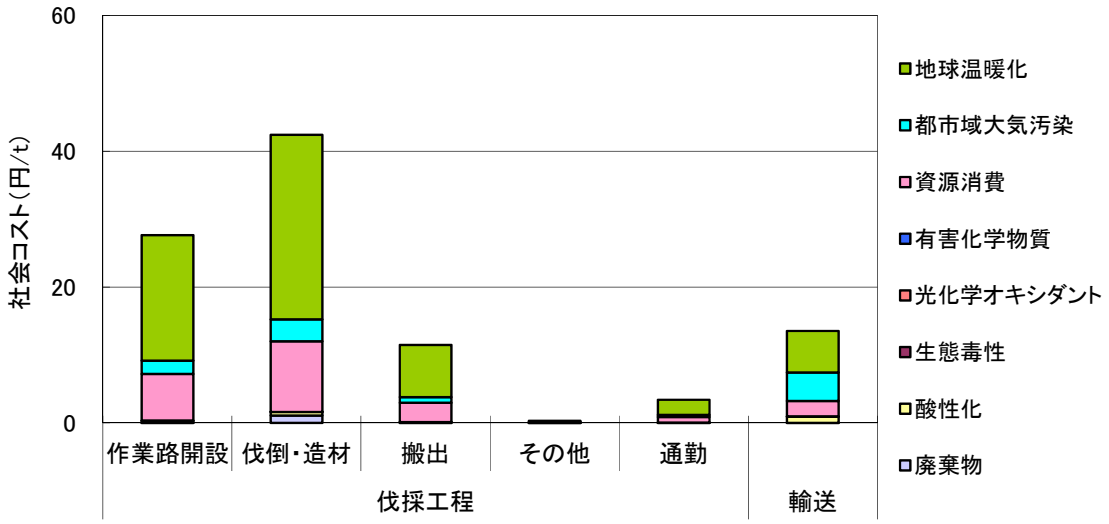


図 2-4　統合化結果（丸太）

(6) 丸太の GHG 排出量

表 2-5 に示されたフォアグラウンドデータに、2.2.3 で示した原単位を乗じ、調査期間中の生産量で加重平均したものを図 2-5 に示す。

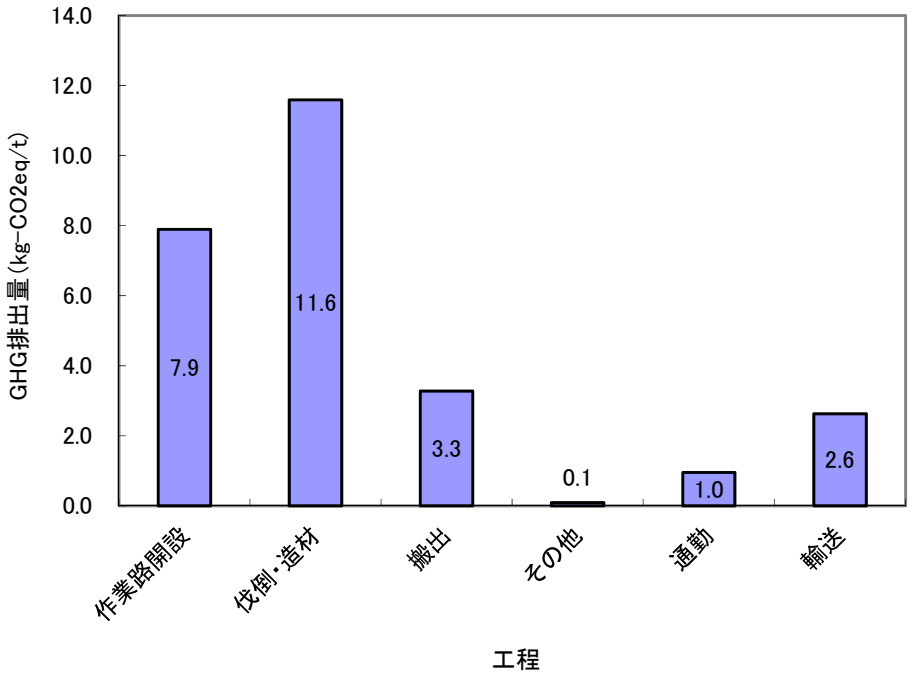


図 2-5　GHG 排出量（丸太）

GHG 排出量を算出した結果、丸太 1t 当たりの GHG 排出量は 26kg-CO_2 換算量であった。GHG 排出量を工程別に考察すると、伐倒・造材が全体の約 44%と最も大きく、次いで作業路開設が 30%、搬出が 12%、輸送が 10%を占めた。

(7) 考察

丸太 1t あたりの社会コスト(単純平均値)は 99 円となり、GHG 排出量は 26kg-CO_2 換算量であった。工程別にみると伐倒・造材の社会コストが最も大きく全体の 44%を占め、次いで作業路開設が大きく全体の 30%を占めた。このことから、丸太生産の環境負荷低減には伐倒・造材及び作業路開設における作業システム改善が重要と考えられる。

2.4 木質バイオマス燃料（薪・チップ・ペレット）の環境影響評価

以下に、木質バイオマス燃料(薪・チップ・ペレット)の環境影響評価結果をまとめた。

2.4.1 薪

(1) 薪製造事業者の概要

評価対象の基準単位は薪 1 GJ 相当とした。また、対象とする事業者は表 2-9 に示す 3 事業者である。

表 2-9　本事業で調査した薪製造事業者の概要

	D 社	E 社	F 社
所在地	長野県	滋賀県	熊本県
事業概要	薪製造・販売、薪ストーブ・薪割り機販売	薪製造・販売	薪製造・販売
調査期間	薪製造段階は H23.2.7 ～ H23.2.10 までの 4 日間、輸送段階は H22.4 月～H23.3 月までの 1 年間	H22.4 月～H23.3 月までの 1 年間	H22.4 月～H23.3 月までの 1 年間
薪の原材料	アカマツ・カラマツ等	ナラ、カシ等	コナラ、スギ、ヒノキ等
原材料の輸送方法	軽トラック、4t トラック、10t トラック	1.5、2、4、10 t トラック	軽トラック、4t トラック、10t トラック
薪製造方法	自動及び手動薪割り機	手動薪割り機	自動薪割り機
製品	薪(針葉樹が主)	薪(広葉樹)	薪(針葉樹・広葉樹)
製品の輸送方法	軽トラック等	3t ダンプ	1.5t トラック
製品の水分率	15.0%w.b.	14.3%w.b.	16.6%w.b.
製品の低位発熱量	16.3 MJ/kg	15.4 MJ/kg	15.4 MJ/kg
製品製造量	約 1,000t/年	約 200t/年	約 70t/年

(2) システム境界

システム境界は図 2-6 に示したように、原材料製造から製品輸送までである。網掛部分は製品製造工程を示す。原材料丸太の製造原単位は、本調査で得られた丸太のインベントリ結果を用いた。薪の製造は他の木質バイオマス燃料と比較してもシンプルで、対象とした 3 社すべて、他の木質製品の製造はなく薪のみを製品として製造していた。

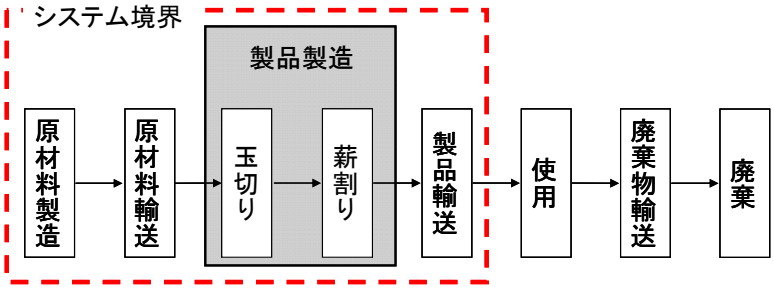


図 2-6　システム境界（薪）

(3) フォアグラウンドデータ

表 2-10 に、薪 1GJ 当たりのフォアグラウンドデータを示す。

表 2-10　薪 1GJ 当たりのフォアグラウンドデータ

工程		項目	単位	量
インプット	原材料	丸太	t	7.06E-02
	エネルギー	軽油	L	1.46E-02
		ガソリン	L	1.69E-01
		A重油	L	4.35E-02
		購入電力	kWh	1.86E-02
	消耗品	チェーンオイル	L	3.02E-03
		ひまし油	L	1.08E-03
		サラダ油	t	4.15E-03
		ネット	kg	2.36E-03
アウトプット	製品	薪	t	6.21E-02

表 2-11　薪（輸送）1GJ 当たりのフォアグラウンドデータ

項目		単位	量
丸太輸送	トラック輸送（10tトラック：積載率100%）	t･km	3.52E-01
	トラック輸送（10tトラック：積載率90%）	t･km	3.23E-02
	トラック輸送（10tトラック：積載率75%）	t･km	6.19E-02
	トラック輸送（4tトラック：積載率100%）	t･km	3.72E-01
	トラック輸送（4tトラック：積載率75%）	t･km	1.29E-03
	トラック輸送（軽トラック：積載率100%）	t･km	5.77E-02
軽油輸送	トラック輸送（2tトラック：積載率5%）	t･km	1.01E-04
ガソリン輸送	トラック輸送（軽トラック：積載率10%）	t･km	2.47E-03
	トラック輸送（2tトラック：積載率5%）	t･km	5.73E-05
A重油輸送	トラック輸送（4tトラック：積載率62%）	t･km	4.08E-04
チェーンオイル輸送	トラック輸送（4tトラック：積載率62%）	t･km	1.97E-05
ひまし油輸送	トラック輸送（1.5tトラック：積載率42%）	t･km	9.54E-05
サラダ油輸送	トラック輸送（1.5tトラック：積載率42%）	t･km	1.74E-05
ネット輸送	トラック輸送（1.5tトラック：積載率5%）	t･km	1.14E-03
製品輸送	軽油	L	1.63E-01
	ガソリン	L	5.24E-01

※トラック輸送の数値は、輸送手段ごとに［ 積載量(t)×輸送距離(km) ］により得られた値である。この値に輸送トンキロの原単位をかけ合わせることで、輸送による環境負荷が求められる。

(4)　インベントリ分析

2.2.3 で示した原単位と、(3)で示したフォアグラウンドデータを掛け合わせることで、資源の消費量と環境負荷量が得られる。それらを工程ごとに示した(表 2-12)。

表 2-12　薪のインベントリ分析結果

区分	環境負荷項目	単位	原材料製造	原材料輸送	製品製造	製品輸送	合計
資源消費	ウラン	kg	1.07E-10	2.24E-11	4.52E-10	8.27E-12	5.90E-10
	一般炭	kg	8.44E-04	9.29E-05	3.15E-03	3.31E-05	4.12E-03
	原油	kg	5.76E-01	1.35E-01	1.96E-01	6.03E-01	1.51E+00
	天然ガス	kg	9.69E-03	2.10E-03	5.43E-03	9.26E-03	2.65E-02
大気圏排出物	CO_2	kg	1.81E+00	2.88E-01	6.08E-01	1.88E+00	4.59E+00
	CH_4	kg	2.08E-03	4.03E-04	6.88E-04	2.15E-03	5.31E-03
	N_2O	kg	3.36E-05	2.83E-05	2.50E-05	3.19E-05	1.19E-04
	NOx	kg	5.77E-04	2.53E-05	1.67E-04	6.89E-04	1.46E-03
	NOx（線源）	kg	6.51E-04	5.89E-04	1.75E-05	9.15E-14	1.26E-03
	SOx	kg	1.42E-04	1.55E-05	9.75E-05	2.03E-04	4.58E-04
	ばいじん	kg	4.98E-05	1.35E-05	7.83E-06	1.47E-05	8.59E-05
	ばいじん（線源）	kg	7.20E-06	7.20E-06	0.00E+00	0.00E+00	1.44E-05
	炭化水素	kg	1.78E-05	1.66E-05	2.15E-06	5.03E-06	4.16E-05
	As	kg	7.57E-14	8.99E-19	3.15E-13	4.38E-18	3.91E-13
	Cd	kg	1.46E-24	3.77E-20	2.51E-20	9.16E-29	6.28E-20
	Cr	kg	3.72E-23	1.19E-19	1.41E-22	2.33E-27	1.19E-19
	Hg	kg	3.60E-20	1.94E-19	2.65E-19	2.25E-24	4.96E-19
	Ni	kg	1.10E-22	3.75E-13	4.14E-22	6.87E-27	3.75E-13
	Pb	kg	6.85E-14	3.51E-19	2.85E-13	3.96E-18	3.54E-13
廃棄物	埋立廃棄物	kg	7.95E-05	2.42E-07	4.56E-04	3.39E-06	5.39E-04

(5) 薪の統合化結果

表 2-12 ではどの領域に対する影響が大きいのか一目して分からないので、これらに日本版被害算定型影響評価手法の第 2 版(LIME2)[1)]の統合化係数を乗じ、環境影響評価を行った。その結果を表 2-13、図 2-7 に示した。最も影響の大きかったのは CO_2 による地球温暖化で、次に原油の資源消費であった。特に、原材料調達、製品輸送の段階で大きく、化石燃料の消費が寄与していると考えられた。

表 2-13 薪の統合化結果（表）

影響領域	環境負荷項目	単位	原材料製造	原材料輸送	製品製造	製品輸送	合計
資源消費	ウラン	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	石炭	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	原油	円	1.6	0.4	0.5	1.7	4.3
	天然ガス	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
地球温暖化	CO_2	円	4.2	0.7	1.4	4.4	10.6
	CH_4	円	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3
	N_2O	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
酸性化	NOx(点源)	円	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1
	NOx(線源)	円	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1
	SOx	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
都市域大気汚染	NOx	円	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3
	NOx(線源)	円	0.2	0.2	0.0	0.0	0.4
	SOx	円	0.3	0.0	0.2	0.4	1.0
	ばいじん	円	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
	ばいじん(線源)	円	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1
生態毒性	As	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cd	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cr	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Hg	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Ni	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Pb	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
光化学オキシダント	炭化水素	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
有害化学物質	As	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cd	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cr	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Hg	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Ni	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Pb	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
廃棄物	埋立廃棄物	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計			6.9	1.5	2.3	6.9	17.6

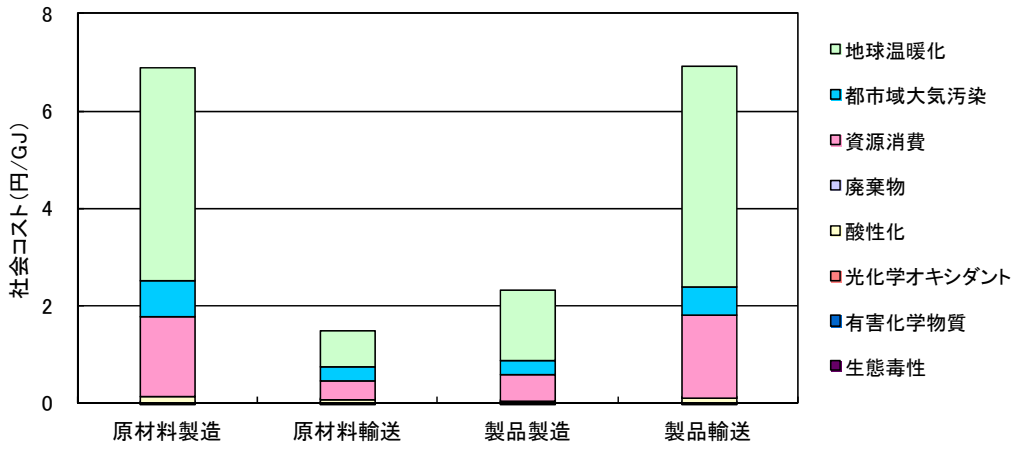


図 2-7　薪の統合化結果（グラフ）

(6) 薪の GHG 排出量

表 2-10 に示されたフォアグラウンドデータに、2.2.3 で示した原単位を乗じ、調査期間中の生産量で加重平均したものを図 2-8 に示す。

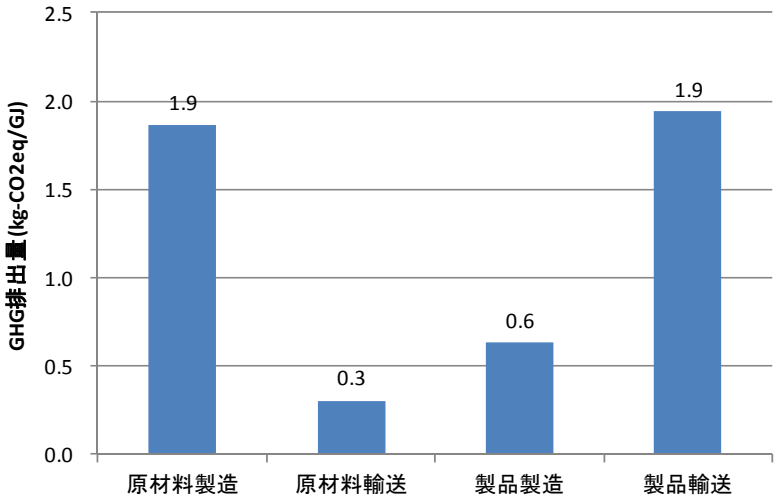


図 2-8　薪の GHG 排出量結果

(7) 考察

薪 1GJ 当たりの社会コスト(加重平均値)は、17.6 円となり、工程別に示すと原材料製造、製品輸送段階が最も大きく、全体の 39%を占めた。一方、薪 1GJ 当たりの GHG 排出量は、4.7kg-CO_2換算量であり、工程別に示すと製品輸送段階が最も大きく、全体の 41%を占めた。毎気については小規模のユーザーが多いと考えられ、より効率的な配送方法の工夫等により、環境負荷低減が期待される。

2.4.2 チップ

(1) チップ製造事業者の概要

評価対象の基準単位はチップ 1 GJ 相当とした。また、対象とする事業者はに表 2-14 示す 3 事業者である。

表 2-14 本事業で調査したチップ製造事業者の概要

	G 社	H 社	I 社
所在地	山梨県	埼玉県	鹿児島県
事業概要	チップ製造 (製紙・ボード・燃料用)	チップ製造・販売	チップ、敷料 etc 製造・販売
調査期間	H22.8 月～H23.3 月まで (実証事業データ)	H22.4 月～H23.3 月までの 1 年間	H22.4 月～H23.3 月までの 1 年間
チップの原材料	樹皮、丸太、枝葉	丸太(針葉樹・広葉樹)	枕木、木枝、抜根、丸太(針葉樹・広葉樹)
原材料の輸送方法	20t トラック、10kL タンクローリー、軽トラック	1.5t トラック他多車種	2、4、15、20t トラック タンクローリー(10kL、16kL)
チッパーのタイプ※	クラッシャータイプ	フレーカータイプ	クラッシャータイプ及びフレーカータイプ
製品	燃料用チップ (自家消費)	製紙用チップ ※副産物としてチップダスト、バークが発生	製紙用・燃料用チップ、敷料 ※製紙用チップ製造時には副産物としてバークが発生
製品の輸送方法	製品チップ自家利用のため無し	大型ダンプ(15 ㎥)、大型トレーラー及び大型単車	15、20t トラック
製品の水分率	40.0%w.b.	38.4%w.b.	43.2%w.b.(広葉樹チップ) 38.9%w.b.(針葉樹チップ)
製品の低位発熱量	10.7 MJ/kg	10.6 MJ/kg	9.4 MJ/kg(広葉樹チップ) 11.0MJ/kg(針葉樹チップ)
製品製造量	約 4,500t/年	約 17,000t/年	約 5,000t/年

※クラッシャータイプとは、ハンマーで叩きつぶすタイプのチッパーで、製造されるチップは形が不規則でサイズのばらつきが大きい。フレーカータイプとは、ナイフにより切断するタイプのチッパーで、大きさの均一なチップの製造に適している。製紙用チップを製造するシステムとして広く採用されている。

(2) システム境界

システム境界は図 2-9 に示したように、原材料製造から製品輸送までである。

H 社では副製品として、バーク・チップダストが、I 社(フレーカータイプ)ではバークが生じる。LCA の実施規則を定めた ISO14044 によると、配分(巻末の『用語の説明』を参照)について、まずは単位プロセスの細分化をするなどして回避することとされているが、回避できない場合、一つのプロセスから生産される複数の製品に対しては、方法を明確に説明した上で各製品へ環境負荷量を配分する必要があるとされている。今回、H 社、I 社(フレーカータイプ)では、配分を回避することができなかったため、主製品であるチップの環境負荷量の一部を、チップダスト、バークといった副製品にも配分していった。配分方法としては、重量基準、価格基準で全製品に環境負荷量を配分させた場合(以下、重量配分、価格配分)の 2 通りを検討した。LCA 評価結果の真値は、重量配分値と価値配分値の範囲内にあると考えられる。

I 社(クラッシャータイプ)では、製品製造から製品輸送までをシステム境界としている。廃棄物を原料として用いる際、リサイクルを行うことが決まった時点で、それ以降のプロセスは下流側の製品が負うこととされている。I 社(クラッシャータイプ)では、産業廃棄物として枕木・抜根・木枝を引き受けているため、原材料製造から原材料輸送に関しては、システム境界外とした。

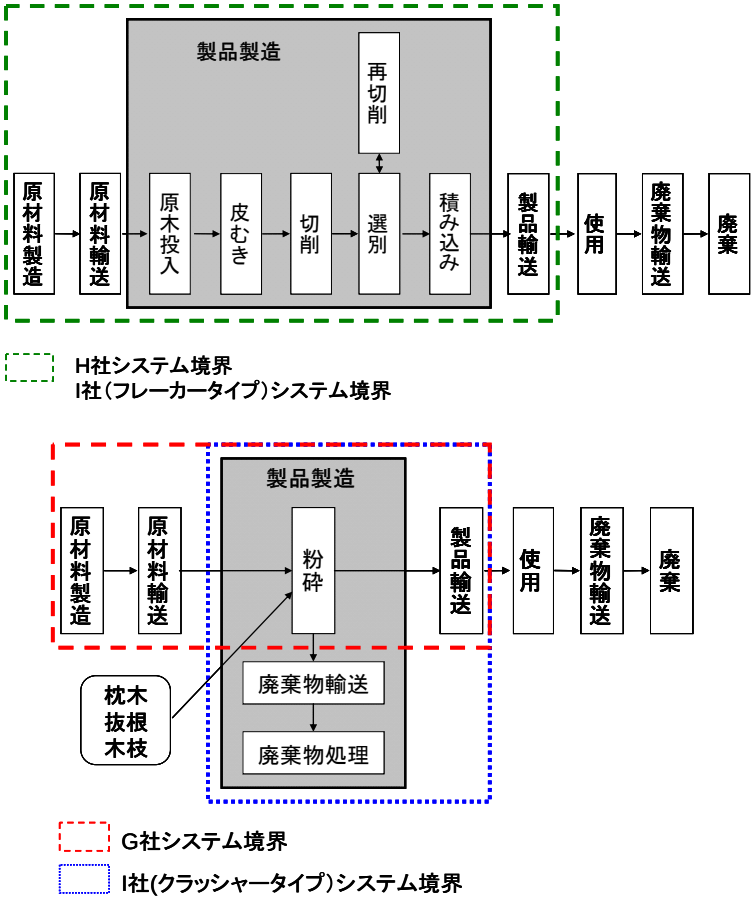


図 2-9　システム境界（チップ）

(3) フォアグラウンドデータ

表 2-15～表 2-18 に、チップ 1GJ 当たりのフォアグラウンドデータを示す。

表 2-15　チップ 1GJ 当たりのフォアグラウンドデータ（重量配分）

工程		項目	単位	量
インプット	原材料	丸太	t	8.77E-02
		枕木	t	1.64E-03
		木枝・抜根	t	6.61E-03
	エネルギー	軽油	L	2.47E-01
		混合ガソリン	L	2.69E-03
		A重油	L	1.30E-01
		購入電力	kWh	9.67E-01
	消耗品	グリース	L	1.17E-04
		チェーンオイル	L	4.25E-03
		チッパーの刃	t	1.60E-07
アウトプット	製品	チップ	t	9.59E-02
	廃棄物	木くず	t	2.90E-05

表 2-16　チップ（輸送）1GJ 当たりのフォアグラウンドデータ（重量配分）

項目		単位	量
丸太輸送	トラック輸送（20tトラック：積載率100%）	t・km	9.98E-01
	軽油	L	3.47E-01
軽油輸送	10kLタンクローリー（積載率62%）	t・km	1.48E-05
	16kLタンクローリー（積載率100%）	t・km	8.89E-03
	トラック輸送（1.5tトラック：積載率42%）	t・km	1.27E-03
混合ガソリン輸送	トラック輸送（軽トラック：積載率36%）	t・km	9.97E-08
	トラック輸送（1.5tトラック：積載率42%）	t・km	2.63E-05
A重油輸送	10kLタンクローリー(積載率100%)	t・km	3.70E-02
チェーンオイル・グリース輸送	トラック輸送（軽トラック：積載率36%）	t・km	2.29E-07
	トラック輸送（4tトラック：積載率100%）	t・km	6.12E-05
チッパーの刃輸送	トラック輸送（1.5tトラック：積載率42%）	t・km	1.58E-07
製品輸送	トラック輸送（15tトラック：積載率100%）	t・km	1.26E+01
	トラック輸送（20tトラック：積載率100%）	t・km	1.58E+00
廃棄物輸送	トラック輸送（2tトラック：積載率100%）	t・km	5.91E-04

※トラック輸送の数値は、輸送手段ごとに［ 積載量(t)×輸送距離(km) ］により得られた値である。この値に輸送トンキロの原単位をかけ合わせることで、輸送による環境負荷が求められる。

表 2-17　チップ 1GJ 当たりのフォアグラウンドデータ（価値配分）

工程		項目	単位	量
インプット	原材料	丸太	t	9.66E-02
		枕木	t	1.64E-03
		木枝・抜根	t	6.61E-03
	エネルギー	軽油	L	2.58E-01
		混合ガソリン	L	3.66E-03
		A重油	L	2.05E-01
		購入電力	kWh	9.50E-01
	消耗品	グリース	L	1.17E-04
		チェーンオイル	L	4.64E-03
		チッパーの刃	t	1.60E-07
アウトプット	製品	チップ	t	9.59E-02
	廃棄物	木くず	t	2.90E-05

表 2-18　チップ（輸送）1GJ 当たりのフォアグラウンドデータ（価値配分）

項目		単位	量
丸太輸送	トラック輸送（20tトラック：積載率100%）	t・km	9.98E-01
	軽油	L	3.85E-01
軽油輸送	10kLタンクローリー（積載率62%）	t・km	1.48E-05
	16kLタンクローリー（積載率100%）	t・km	1.14E-02
	トラック輸送（1.5tトラック：積載率42%）	t・km	1.39E-03
混合ガソリン輸送	トラック輸送（軽トラック：積載率36%）	t・km	9.97E-08
	トラック輸送（1.5tトラック：積載率42%）	t・km	2.91E-05
A重油輸送	10kLタンクローリー(積載率100%)	t・km	4.27E-02
チェーンオイル・グリース輸送	トラック輸送（軽トラック：積載率36%）	t・km	2.29E-07
	トラック輸送（4tトラック：積載率100%）	t・km	7.40E-05
チッパーの刃輸送	トラック輸送（1.5tトラック：積載率42%）	t・km	1.60E-07
製品輸送	トラック輸送（15tトラック：積載率100%）	t・km	1.26E+01
	トラック輸送（20tトラック：積載率100%）	t・km	1.58E+00
廃棄物輸送	トラック輸送（2tトラック：積載率100%）	t・km	1.36E-03

※トラック輸送の数値は、輸送手段ごとに［ 積載量(t)×輸送距離(km) ］により得られた値である。この値に輸送トンキロの原単位をかけ合わせることで、輸送による環境負荷が求められる。

(4) インベントリ分析

2.2.3 で示した原単位と、2.4.2(3)で示したフォアグラウンドデータを掛け合わせることで、資源の消費量と環境負荷量が得られる。それらを工程ごとに示した（表 2-19、表 2-20）。

表 2-19　チップのインベントリ分析結果（重量配分）

区分	環境負荷項目	単位	原材料製造	原材料輸送	製品製造	製品輸送	合計
資源消費	ウラン	kg	1.55E-10	2.05E-12	1.67E-07	5.62E-12	1.67E-07
	一般炭	kg	1.22E-03	8.20E-06	6.91E-01	2.25E-05	6.92E-01
	原油	kg	7.62E-01	3.70E-01	1.27E+00	1.02E+00	3.42E+00
	天然ガス	kg	1.29E-02	5.68E-03	2.16E-01	1.56E-02	2.50E-01
大気圏排出物	CO_2	kg	2.39E+00	1.18E+00	6.28E+00	3.24E+00	1.31E+01
	CH_4	kg	2.75E-03	1.32E-03	1.46E-03	3.67E-03	9.19E-03
	N_2O	kg	4.53E-05	2.11E-05	3.28E-04	1.01E-04	4.95E-04
	NOx	kg	7.68E-04	3.89E-04	5.36E-03	2.79E-04	6.80E-03
	NOx(線源)	kg	8.17E-04	7.24E-04	5.56E-05	1.93E-02	2.09E-02
	SOx	kg	1.88E-04	8.12E-05	8.99E-03	1.82E-04	9.44E-03
	ばいじん	kg	6.66E-05	3.40E-05	7.38E-04	1.89E-07	8.39E-04
	ばいじん(線源)	kg	9.04E-06	7.77E-06	3.21E-09	2.17E-04	2.34E-04
	炭化水素	kg	2.27E-05	1.76E-05	9.42E-05	3.95E-04	5.30E-04
	As	kg	1.10E-13	1.08E-18	1.65E-15	2.97E-18	1.12E-13
	Cd	kg	2.12E-24	2.27E-29	1.99E-18	6.23E-29	1.99E-18
	Cr	kg	5.40E-23	1.16E-24	7.01E-23	1.58E-27	1.25E-22
	Hg	kg	5.23E-20	5.58E-25	1.03E-17	1.53E-24	1.03E-17
	Ni	kg	1.60E-22	3.65E-18	9.77E-24	4.67E-27	3.65E-18
	Pb	kg	9.96E-14	9.81E-19	1.50E-15	2.69E-18	1.01E-13
廃棄物	埋立廃棄物	kg	1.28E-04	8.40E-07	3.27E-02	2.31E-06	3.29E-02

表 2-20　チップのインベントリ分析結果（価値配分）

区分	環境負荷項目	単位	原材料製造	原材料輸送	製品製造	製品輸送	合計
資源消費	ウラン	kg	1.73E-10	2.29E-12	1.66E-08	3.25E-10	1.71E-08
	一般炭	kg	1.36E-03	9.15E-06	6.90E-02	1.29E-03	7.17E-02
	原油	kg	7.74E-01	4.13E-01	3.32E-01	8.90E-02	1.61E+00
	天然ガス	kg	1.32E-02	6.35E-03	2.28E-02	2.16E-03	4.46E-02
大気圏排出物	CO_2	kg	2.43E+00	1.32E+00	1.27E+00	2.89E-01	5.31E+00
	CH_4	kg	2.79E-03	1.47E-03	3.73E-04	3.22E-04	4.96E-03
	N_2O	kg	4.14E-05	2.34E-05	3.78E-05	9.54E-06	1.12E-04
	NOx	kg	8.36E-04	4.38E-04	6.06E-04	3.45E-05	1.91E-03
	NOx(線源)	kg	1.27E-05	7.49E-04	1.74E-05	1.73E-03	2.50E-03
	SOx	kg	1.97E-04	9.09E-05	9.12E-04	3.27E-05	1.23E-03
	ばいじん	kg	7.43E-05	3.83E-05	8.02E-05	1.36E-06	1.94E-04
	ばいじん(線源)	kg	0.00E+00	8.06E-06	1.98E-08	1.93E-05	2.74E-05
	炭化水素	kg	6.73E-06	1.84E-05	1.07E-05	3.55E-05	7.14E-05
	As	kg	1.22E-13	1.21E-18	1.66E-15	2.65E-19	1.24E-13
	Cd	kg	2.36E-24	2.53E-29	1.47E-18	5.81E-30	1.47E-18
	Cr	kg	6.01E-23	2.07E-24	1.73E-23	1.48E-28	7.94E-23
	Hg	kg	5.82E-20	6.23E-25	7.56E-18	1.43E-25	7.62E-18
	Ni	kg	1.78E-22	6.49E-18	4.15E-24	4.36E-28	6.49E-18
	Pb	kg	1.11E-13	1.10E-18	1.50E-15	2.40E-19	1.12E-13
廃棄物	埋立廃棄物	kg	5.87E-05	8.00E-06	8.70E-02	1.18E-05	8.71E-02

(5) チップの統合化結果

表 2-19、表 2-20 ではどの領域に対する影響が大きいのか一目して分からないので、これらに日本版被害算定型影響評価手法の第 2 版(LIME2)[1)]の統合化係数を乗じ、環境影響評価を行った。重量配分結果を表 2-21、図 2-10 に、価値配分結果を表 2-22、図 2-11 に示した。

重量配分、価値配分での評価結果は大きく変わらず、製品製造、製品輸送の段階で環境負荷が大きかった。最も影響の大きかった領域は、地球温暖化で、次いで都市域大気汚染、資源消費であった。環境負荷項目別にみると、CO_2(地球温暖化)、原油(資源消費)、SOx ・NOx(線源)(都市域大気汚染)であった。

表 2-21 チップの統合化結果(表、重量配分)

影響領域	環境負荷項目	単位	原材料製造	原材料輸送	製品製造	製品輸送	合計
資源消費	ウラン	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	石炭	円	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2
	原油	円	2.2	1.0	1.0	1.6	5.8
	天然ガス	円	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
地球温暖化	CO_2	円	5.6	2.7	3.6	4.2	16.2
	CH_4	円	0.2	0.1	0.1	0.1	0.4
	N_2O	円	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
酸性化	NOx(点源)	円	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2
	NOx(線源)	円	0.1	0.1	0.0	0.9	1.1
	SOx	円	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2
都市域大気汚染	NOx	円	0.1	0.1	0.2	0.0	0.4
	NOx(線源)	円	0.3	0.2	0.0	3.0	3.5
	SOx	円	0.4	0.2	3.4	0.2	4.2
	ばいじん	円	0.1	0.0	0.2	0.0	0.3
	ばいじん(線源)	円	0.1	0.1	0.0	1.1	1.3
生態毒性	As	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cd	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cr	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Hg	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Ni	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Pb	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
光化学オキシダント	炭化水素	円	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
有害化学物質	As	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cd	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cr	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Hg	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Ni	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Pb	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
廃棄物	埋立廃棄物	円	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5
合計		円	9.1	4.6	9.6	11.4	34.8

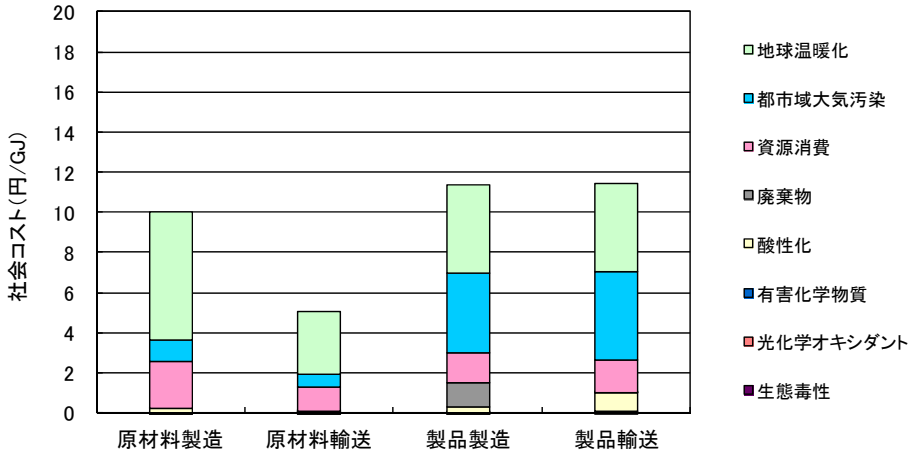
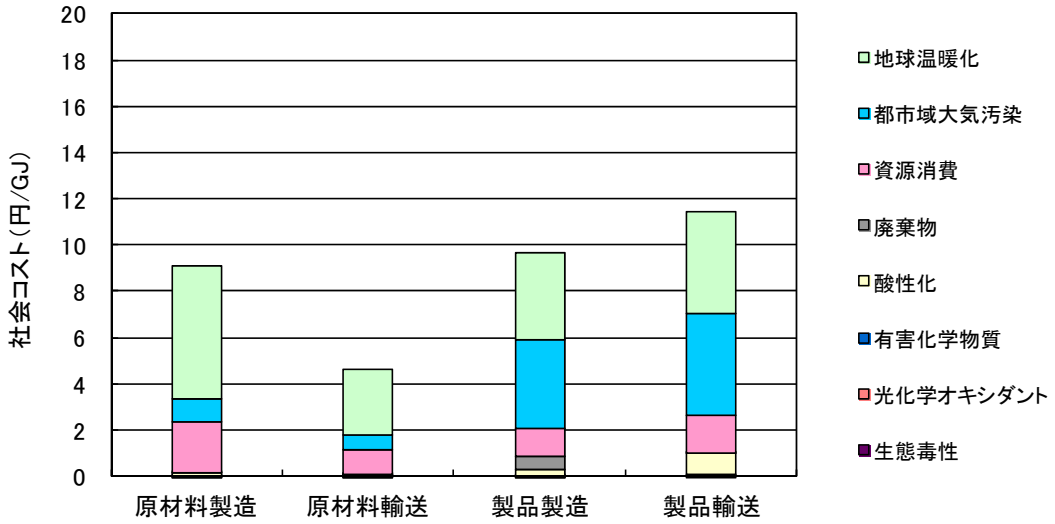


図 2-10　チップの統合化結果（グラフ、重量配分）

表 2-22　チップの統合化結果（表、価値配分）

影響領域	環境負荷項目	単位	原材料製造	原材料輸送	製品製造	製品輸送	合計
資源消費	ウラン	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	石炭	円	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2
	原油	円	2.4	1.2	1.3	1.6	6.4
	天然ガス	円	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
地球温暖化	CO_2	円	6.2	3.0	4.3	4.2	17.7
	CH_4	円	0.2	0.1	0.1	0.1	0.5
	N_2O	円	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2
酸性化	NOx(点源)	円	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2
	NOx(線源)	円	0.1	0.1	0.0	0.9	1.1
	SOx	円	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2
都市域大気汚染	NOx	円	0.1	0.1	0.2	0.0	0.4
	NOx(線源)	円	0.3	0.2	0.0	3.0	3.5
	SOx	円	0.4	0.2	3.5	0.2	4.4
	ばいじん	円	0.1	0.1	0.2	0.0	0.4
	ばいじん(線源)	円	0.1	0.1	0.0	1.1	1.3
生態毒性	As	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cd	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cr	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Hg	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Ni	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Pb	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
光化学オキシダント	炭化水素	円	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
有害化学物質	As	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cd	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cr	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Hg	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Ni	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Pb	円	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
廃棄物	埋立廃棄物	円	0.0	0.0	1.2	0.0	1.2
合計		円	10.1	5.0	11.4	11.4	37.9



チップの統合化結果（グラフ、価値配分）

(6) チップの GHG 排出量

表 2-15～表 2-18 に示されたフォアグラウンドデータに、2.2.3 で示した温室効果ガス（CO_2、CH_4、N_2O）に関わる原単位を乗じ、GHG 排出量を計算した（図 2-11、図 2-12）。結果は、調査期間中の生産量で加重平均した数値である。

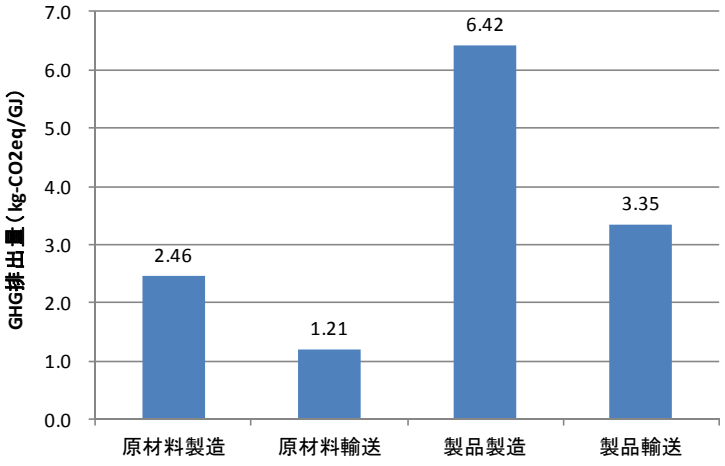


図 2-11　チップの GHG 排出量結果（重量配分）

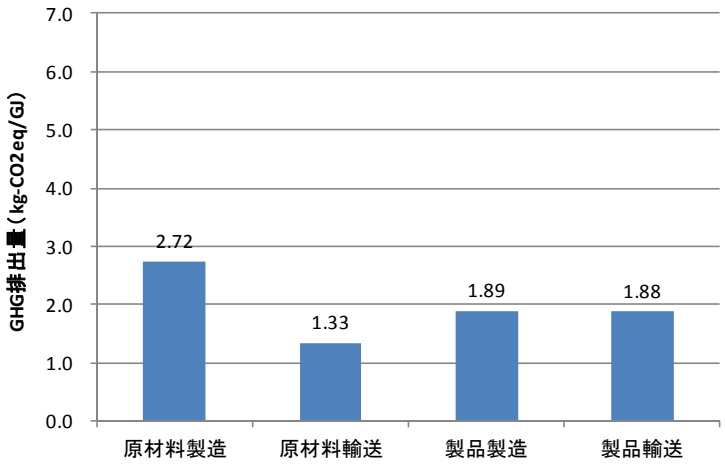


図 2-12　チップの GHG 排出量結果（価値配分）

(7) 考察

チップ 1GJ 当たりの社会コスト(加重平均値)は、34.8～37.9 円となり、工程別に示すと製品輸送段階が最も大きく、全体の約 3 割を占めた。一方、チップ 1GJ 当たりの GHG 排出量は、7.8～13.4kg-CO_2 換算量であり、工程別に示すと重量配分結果においては製品製造、価値配分結果においては原材料製造段階が最も大きく、それぞれ全体の約 48%、35%を占めた。

2.4.3 ペレット

(1) ペレット製造事業者の概要

評価対象の基準単位はペレット 1 GJ 相当とした。また、対象とする事業者は表 2-23 に示す 3 事業者である。

表 2-23　本事業で調査したペレット製造事業者の概要

	J 社	K 社	L 社
所在地	長野県	福井県	岡山県
事業概要	ペレット製造・販売	製材加工、 ペレット製造・販売等	集成材、製材加工、ペレット製造販売
調査期間	H22.3 月～H23.2 月 ※ペレット製造時電力消費量の計測を 1 日間実施。	ペレット製造段階は H23.10.13 の 1 日間、輸送段階は H22.4 月から H23.3 月までの 1 年間	H21.1 月から 12 月まで
原材料	丸太 (間伐材(生材))	生プレーナー屑(製材及び集成材製造時に発生するプレーナーくず)	乾燥プレーナー屑(集成材の製造時に発生するプレーナーくず)
原材料の輸送方法	2.3 丸太の環境影響評価の調査結果を使用	フォークリフト (自社の製材、集成材製造ラインから調達) ※消費量が不明のため評価に含めず。	エア搬送 (自社の集成材製造ラインから調達)
製品	全木ペレット	ホワイトペレット	ホワイトペレット
製品の輸送方法	4t トラック	4t トラック	4、10、15、20t トラック
製品の水分率	8.5 %w.b.	9.8 %w.b.	6.0 %w.b.
製品の低位発熱量	18.0 MJ/kg	17.4 MJ/kg	18.1 MJ/kg
製品製造量	約 1,500t/年	約 200t/年	約 10,000t/年

(2) システム境界

システム境界を図 2-13 に示した。

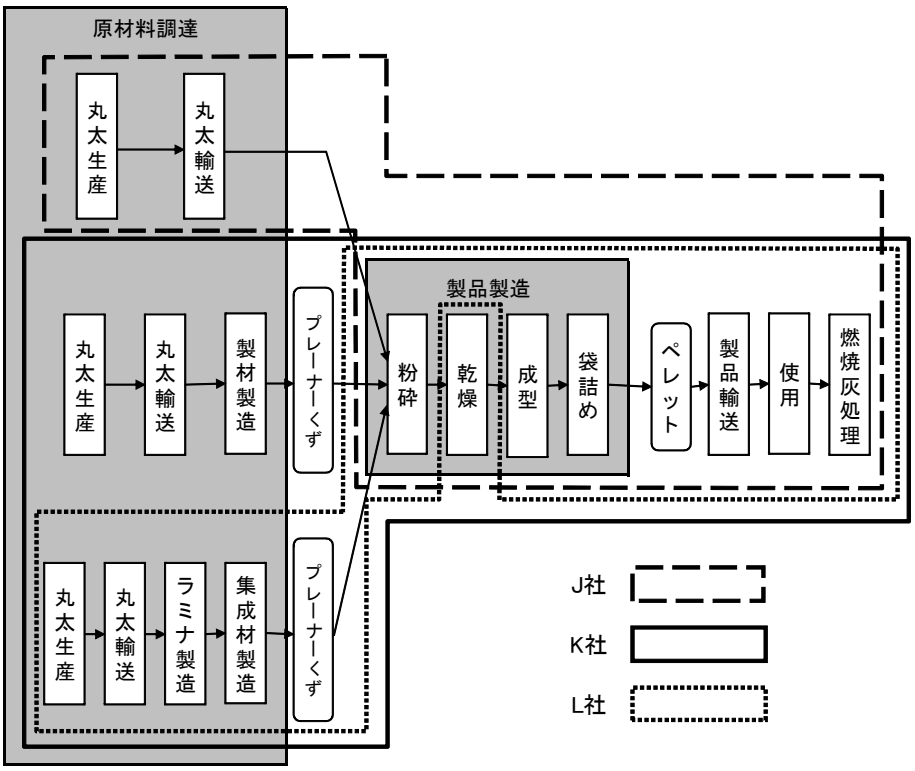


図 2-13　システム境界（ペレット）

(3) フォアグラウンドデータ

表 2-24 に、ペレット 1GJ 当たりのフォアグラウンドデータを示す。

表 2-24　ペレット 1GJ 当たりのフォアグラウンドデータ

	分類	品目	単位	数量
インプット	原材料	丸太	kg	1.38E+01
		プレーナーくず	kg	4.83E+01
	エネルギー	電力	kWh	8.04E+00
		軽油	L	4.65E-06
		灯油	L	1.82E-04
		乾燥用ペレット	kg	9.38E-01
	消耗品	グリース	kg	2.14E-03
		ギヤオイル	L	2.80E-04
		清缶剤	kg	2.08E-04
		塩	kg	9.63E-04
		ローラーシェル	kg	4.33E-05
		ダイ	kg	5.95E-04
		ベアリング	kg	2.02E-03
		包装袋（ポリエチレン）	kg	3.58E-02
		フレコンバック（ポロプロピレン）	kg	2.35E-01
	製品輸送	20tトラック	t・km	2.35E-04
		15tトラック	t・km	2.13E+01
		10tトラック	t・km	1.10E+00
		4tトラック	t・km	1.87E+00
アウトプット	製品	木材ペレット	GJ	1.00E+00

※トラック輸送の数値は、輸送手段ごとに［ 積載量(t)×輸送距離(km) ］により得られた値である。この値に輸送トンキロの原単位をかけ合わせることで、輸送による環境負荷が求められる。

(4) インベントリ分析

2.2.3 で示した原単位と、2.4.3(3)で示したフォアグラウンドデータを掛け合わせることで、資源の消費量と環境負荷量が得られる。それらを工程ごとに示した(表 2-25、表 2-26)。結果は、事業者ごとに製造しているペレットの発熱量の合計の加重平均により算出した。

表 2-25 ペレットのインベントリ分析結果（重量配分）

区分	環境負荷項目	単位	原材料調達	製品製造	製品輸送	合計
資源消費	U(資源)	kg	3.65E-05	2.75E-08	9.07E-12	3.65E-05
	一般炭	kg	4.58E-01	3.41E-01	3.63E-05	7.99E-01
	原油(資源)	kg	4.80E+00	4.44E-01	1.64E+00	6.88E+00
	天然ガス	kg	4.77E-01	1.02E-01	2.52E-02	6.05E-01
大気圏排出物	CO_2	kg	1.72E+01	1.72E+00	5.23E+00	2.41E+01
	CH_4	kg	1.91E-02	1.94E-03	5.93E-03	2.69E-02
	N_2O	kg	5.10E-03	1.88E-04	1.79E-04	5.47E-03
	NOx	kg	2.13E-01	1.42E-02	4.50E-04	2.27E-01
	NOx(線源)	kg	9.84E-03	3.68E-08	2.07E-02	3.05E-02
	SOx	kg	1.69E-01	4.96E-03	2.93E-04	1.74E-01
	ばいじん	kg	7.90E-03	7.78E-03	3.05E-07	1.57E-02
	ばいじん(線源)	kg	1.26E-04	0.00E+00	2.32E-04	3.58E-04
	炭化水素	kg	4.91E-04	5.01E-05	4.27E-04	9.68E-04
	As	kg	5.63E-09	4.59E-13	4.81E-18	5.63E-09
	Cd	kg	4.65E-10	4.17E-24	1.00E-28	4.65E-10
	Cr	kg	1.02E-08	1.06E-22	2.56E-27	1.02E-08
	Hg	kg	6.79E-09	1.03E-19	2.47E-24	6.79E-09
	Ni	kg	1.15E-08	3.13E-22	7.54E-27	1.15E-08
	Pb	kg	2.69E-08	4.15E-13	4.34E-18	2.69E-08
廃棄物	汚泥(埋立)	kg	1.38E-01	4.79E-04	1.91E-06	1.38E-01
	金属くず(埋立)	kg	4.71E-05	3.00E-04	1.20E-06	3.48E-04
	鉱さい(埋立)	kg	1.74E-18	2.44E-17	5.86E-22	2.61E-17
	土砂(埋立)	kg	6.28E-06	1.70E-04	6.12E-07	1.77E-04
	産廃(種類不明)	kg	1.12E-01	1.12E-01	0.00E+00	2.24E-01

表 2-26　ペレットのインベントリ分析結果（価値配分）

			原材料調達	製品製造	製品輸送	合計
資源消費	U(資源)	kg	8.91E-07	3.83E-08	9.07E-12	9.30E-07
	一般炭	kg	1.26E-02	4.04E-01	3.63E-05	4.16E-01
	原油(資源)	kg	2.06E-01	4.52E-01	1.64E+00	2.30E+00
	天然ガス	kg	1.44E-02	1.74E-01	2.52E-02	2.14E-01
大気圏排出物	CO2	kg	6.72E-01	2.07E+00	5.23E+00	7.97E+00
	CH4	kg	8.16E-04	2.98E-03	5.93E-03	9.72E-03
	N2O	kg	1.29E-04	2.35E-04	1.79E-04	5.43E-04
	NOx	kg	5.28E-03	1.77E-02	4.50E-04	2.34E-02
	NOx(線源)	kg	3.15E-04	3.68E-08	2.07E-02	2.10E-02
	SOx	kg	4.17E-03	5.91E-03	2.93E-04	1.04E-02
	ばいじん	kg	2.02E-04	9.08E-03	3.05E-07	9.28E-03
	ばいじん(線源)	kg	3.90E-06	0.00E+00	2.32E-04	2.36E-04
	炭化水素	kg	1.44E-05	6.97E-05	4.27E-04	5.11E-04
	As	kg	1.38E-10	4.59E-13	4.81E-18	1.38E-10
	Cd	kg	1.14E-11	4.17E-24	1.00E-28	1.14E-11
	Cr	kg	2.50E-10	1.06E-22	2.56E-27	2.50E-10
	Hg	kg	1.66E-10	1.03E-19	2.47E-24	1.66E-10
	Ni	kg	2.81E-10	3.13E-22	7.54E-27	2.81E-10
	Pb	kg	6.59E-10	4.15E-13	4.34E-18	6.59E-10
廃棄物	汚泥(埋立)	kg	3.41E-03	4.79E-04	1.91E-06	3.89E-03
	金属くず(埋立)	kg	9.32E-05	3.00E-04	1.20E-06	3.94E-04
	鉱さい(埋立)	kg	1.38E-17	2.44E-17	5.86E-22	3.82E-17
	土砂(埋立)	kg	3.54E-05	1.70E-04	6.12E-07	2.06E-04
	産廃(種類不明)	kg	2.74E-03	1.12E-01	0.00E+00	1.14E-01

(5) ペレットの統合化結果

表 2-25、表 2-26 ではどの領域に対する影響が大きいのか一目して分からないので、これらに日本版被害算定型影響評価手法の第 2 版(LIME2)[1)]の統合化係数を乗じ、環境影響評価を行った。重量配分結果については表 2-27 図 2-15 に、価値配分結果については表 2-28、図 2-15 に示した。

表 2-27　ペレットの統合化結果（表、重量配分）

区分	環境負荷項目	単位	原材料調達	製品製造	製品輸送	合計
資源消費	ウラン	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	石炭	円	0.6	0.6	0.0	1.2
	原油	円	6.7	0.6	2.3	9.6
	天然ガス	円	0.6	0.2	0.0	0.8
地球温暖化	CO_2	円	40.0	4.8	12.2	57.0
	CH_4	円	1.2	0.2	0.4	1.7
	N_2O	円	3.8	0.2	0.1	4.1
酸性化	NOx(点源)	円	20.3	1.7	0.0	22.1
	NOx(線源)	円	0.9	0.0	2.0	2.9
	SOx	円	20.3	0.7	0.0	21.1
都市域大気汚染	NOx(点源)	円	36.5	3.0	0.1	39.7
	NOx(線源)	円	3.0	0.0	6.3	9.4
	SOx	円	356.9	12.5	0.6	370.0
	ばいじん(点源)	円	11.1	12.8	0.0	23.9
	PM10(線源)	円	1.3	0.0	2.4	3.7
光化学オキシダント	炭化水素	円	0.1	0.0	0.1	0.3
有害化学物質	As(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cd(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cr(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Hg(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Ni(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Pb(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
生態毒性	As(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cd(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cr(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Hg(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Ni(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Pb(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
廃棄物	産廃(汚泥)	円	2.3	0.0	0.0	2.3
	産廃(金属くず)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	産廃(鉱さい)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	産廃(種類不明)	円	2.7	2.7	0.0	5.3
	合計	円	508.5	40.0	26.6	575.1

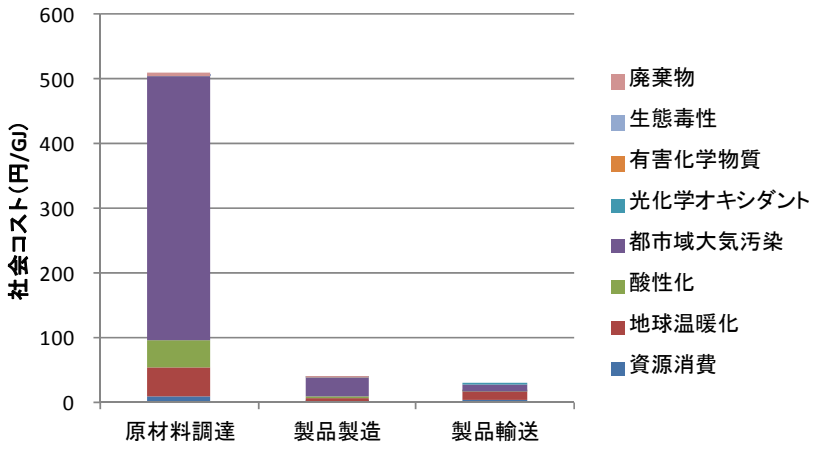


図 2-14　ペレットの統合化結果（グラフ、重量配分）

表 2-28　ペレットの統合化結果（表、価値配分）

区分	環境負荷項目	単位	原材料調達	製品製造	製品輸送	合計
資源消費	ウラン	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	石炭	円	0.0	0.6	0.0	0.6
	原油	円	0.3	0.6	2.3	3.2
	天然ガス	円	0.0	0.2	0.0	0.2
地球温暖化	CO_2	円	1.8	4.8	12.2	18.8
	CH_4	円	0.1	0.2	0.4	0.6
	N_2O	円	0.1	0.2	0.1	0.4
酸性化	NOx(点源)	円	0.5	1.7	0.0	2.2
	NOx(線源)	円	0.0	0.0	2.0	2.0
	SOx	円	0.5	0.7	0.0	1.2
都市域大気汚染	NOx(点源)	円	0.9	3.0	0.1	4.0
	NOx(線源)	円	0.1	0.0	6.3	6.5
	SOx	円	8.8	12.5	0.6	21.9
	ばいじん(点源)	円	0.3	12.8	0.0	13.1
	PM10(線源)	円	0.0	0.0	2.4	2.4
光化学オキシダント	炭化水素	円	0.0	0.0	0.1	0.2
有害化学物質	As(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cd(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cr(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Hg(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Ni(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Pb(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
生態毒性	As(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cd(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Cr(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Hg(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Ni(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	Pb(大気)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
廃棄物	産廃(汚泥)	円	0.1	0.0	0.0	0.1
	産廃(金属くず)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	産廃(鉱さい)	円	0.0	0.0	0.0	0.0
	産廃(種類不明)	円	0.1	2.7	0.0	2.7
	合計	円	13.6	40.0	26.6	80.1

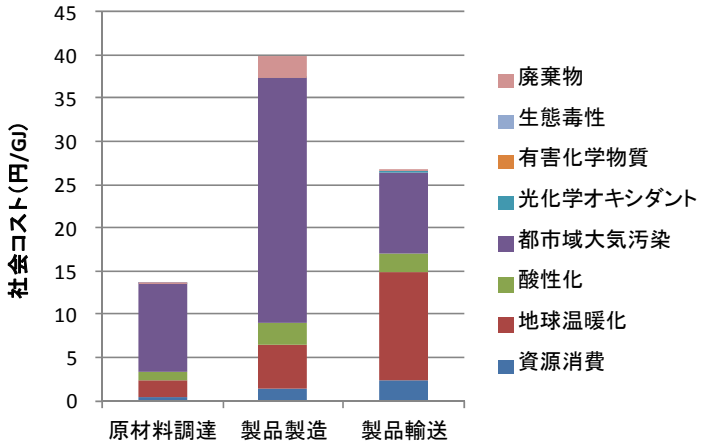


図 2-15　ペレットの統合化結果（グラフ、価値配分）

(6) ペレットの GHG 排出量

表 2-24 に示されたフォアグラウンドデータに、2.2.3 で示した原単位を乗じ、調査期間中の生産量で加重平均したものを図 2-17 に示す。

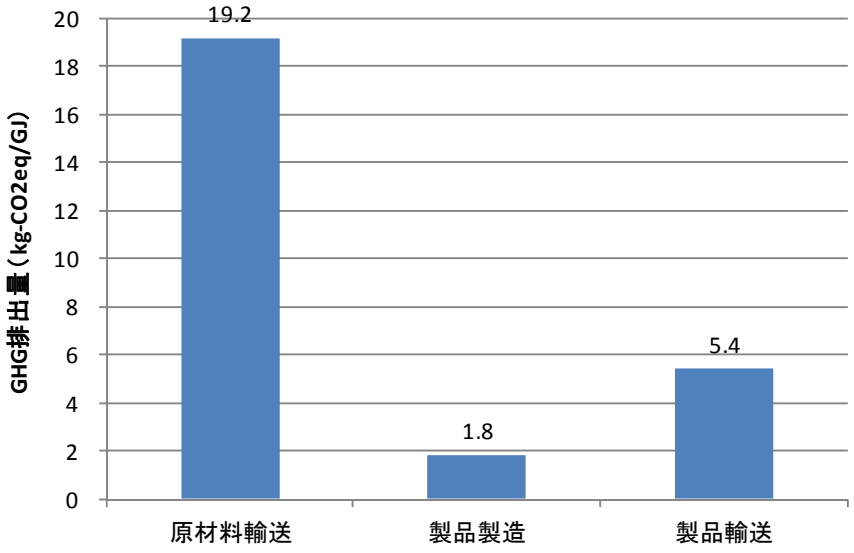


図 2-16　ペレットの GHG 排出量結果（重量配分）

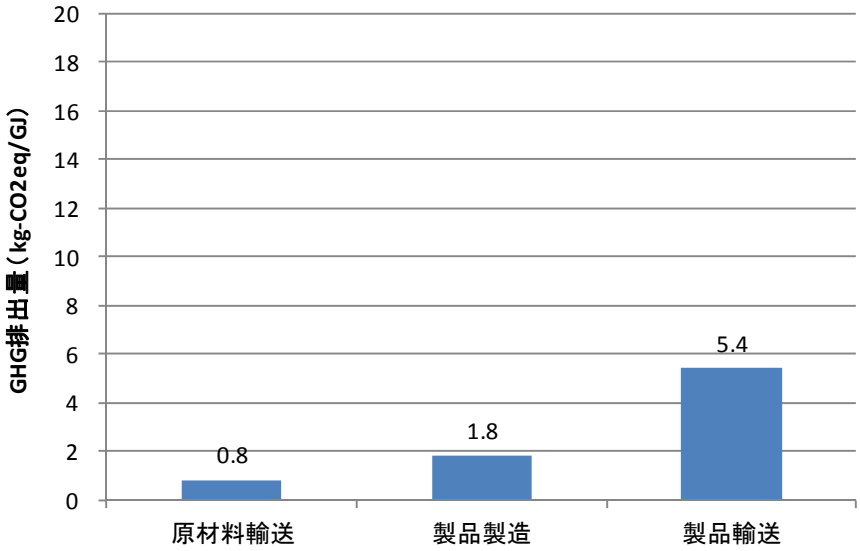


図 2-17　ペレットの GHG 排出量結果（価値配分）

(7) 考察

ペレット 1GJ 当たりの社会コスト(加重平均値)は、80～575 円であった。L 社は 3 社の中でもペレット製造量が多く、結果に大きく影響を及ぼすため、配分の方法により、L 社の影響を大きく受けると考えられた。環境影響は重量配分における原材料調達段階で大きく(全体の 88%)、L 社がペレットの原材料として利用している集成材プレーナー屑(副産物)の環境負荷が大きいことによるものと考えられた。そのため、主製品の環境負荷を低減していくことが重要である。

価値配分結果では、集成材プレーナー屑(副産物)の市場価値が主製品であるプレーナー屑に対して相対的に小さいため、環境負荷が最も大きかったのは製品輸送段階であった(全体の 50%)。この結果は、L 社がペレットを安定的かつ大量に製造しているため、全国各地からの需要があり、比較的遠方にペレットを運搬していることによると考えられた。

一方、ペレット 1GJ 当たりの GHG 排出量は、8～26kg-CO_2 換算量であり、同様に原材料調達段階において、配分方法の違いにより結果が異なった。

当然ながら、比較的小規模な地域内でユーザーに製品輸送すれば、温室効果ガス排出量の低減が期待されるが、地域内での木質バイオマス燃料の需要拡大の検討、施策・支援等が必要であると考えられる。

2.5 海外文献調査

海外文献調査は、これまでに示した国内製造木質バイオマスの環境影響の大きさと海外製造木質バイオマスの環境影響の大きさ、さらに、日本へ輸入する場合の環境影響の大きさとを比較できる事例を得るために実施した。

なお、海外文献調査で対象とした文献には、海外で製造された木質バイマスを輸入した場合の環境影響の事例を記載した邦文文献を含む。

2.5.1 調査方法

海外文献調査の調査範囲は、(1)国内学術資料データベース、(2)海外専門機関のホームページ、(3)有識者情報とした。

(1) 国内学術資料データベース

国内学術資料データベースは、主に科学技術振興機構が提供する文献検索サービス J-Dream II (JST Plus, JST 7580)を対象とし、木質バイオマスの環境影響に関する資料をキーワード(木質バイオマス、LCA 等)の組み合わで検索した。

(2) 海外専門機関のホームページ

海外専門機関のホームページは、海外の科学書籍出版社や研究機関を対象とし、木質バイオマスの環境影響に関する情報を閲覧調査した。

＜科学書籍出版社＞

・Elsevier

・Springer

＜研究機関＞

・NREL (**The National Renewable Energy Laboratory**, 米国)

・COST Action E9 (**Life Cycle Assessment of Forestry and Forest Products**、欧州)

・CORRIM (**The Consortium for Research on Renewable Industrial Materials** 、米国)

・Athena (**The Athena Sustainable Materials Institute**、カナダ)

(3) 有識者情報

有識者情報は、本事業の検討会委員を対象とし、木質バイマスの環境影響に関する資料(文献)を入手した。

2.5.2 文献スクリーニング

2.5.1 の調査で入手した情報の中から、海外製造木質バイオマスの環境影響や日本へ輸入する場合の環境影響に関する事例を確認する文献として、13 文献を選定した。

・**文献 1:**A Streamlined Life Cycle Analysis of Canadian Wood Pellets
・**文献 2:**An environmental impact assessment of exported wood pellets from Canada to Europe
・**文献3:**Life-Cycle Impacts of Forest Resource Activities in the PacificNorthwest and Southwest United States
・**文献 4**:Carbon and Energy Balances for a Range of Biofuels Options
・**文献 5:**Life cycle assessment of biomasschains:Wood pellet from short rotation coppice using data measured on a real plant
・**文献6:**The Potential of Fuelwood to Reduce Greenhouse Gas Emissions in Europe
・**文献7:**Forest industry and the environment: a life cycle assessment study from Finland
・**文献8:**Life-Cycle Inventory of Hardwood Lumber Manufacturing in the Northeast and North Central United States
・**文献 9:**A comparison of avoided greenhouse gas emissions when using different kinds of wood energy
・**文献 10:**LCA of environmental and socio-economic impacts related to wood energy production in alpine conditions:Valle di Fiemme(Italy)
・**文献 11:**国内・外産石炭火力混焼用バイオマス燃料の製造・輸送に関わる CO_2 排出量の評価
・**文献 12:**Wood pellets production costs and energy consumption under different framework conditions in Northeast Argentina
・**文献 13:**木質バイオマスのエネルギー利用における貯蔵・輸送行程での温室効果ガス排出量の再評価

2.5.3 調査文献の特定

国内製造木質バイオマスの環境影響評価で対象としたバイオマス(薪、チップ、ペレット)と比較するために、2.5.2 の 13 文献の中から、薪、チップ、ペレットに関する事例を調査する5文献を特定した。特定した 5 文献のタイトルを示す。

(1)文献 2
An environmental impact assessment of exported wood pellets from Canada to Europe
(2)文献 4
Carbon and Energy Balances for a Range of Biofuels Options
(3)文献 9
A comparison of avoided greenhouse gas emissions when using different kinds of wood energy
(4)文献 10
LCA of environmental and socio-economic impacts related to wood energy production in alpine conditions:Valle di Fiemme(Italy)
(5)文献 11
国内・外産石炭火力混焼用バイオマス燃料の製造・輸送に関わるCO_2排出量の評価

2.5.4 調査結果

2.5.3 で特定した5文献の中で、国内調査結果と比較する木質バイオマス燃料の種類を表 2-29 に示す。また、それぞれの文献のプロフィール(文献概要、システム範囲、環境負荷データ等)を、(1)～(5)に示す。

表 2-29　特定した文献の木質バイオマス燃料の種類

文献	木質バイオマス燃料の種類
文献 2	ペレット
文献 4	チップ
文献 9	ペレット、薪
文献 10	チップ
文献 11	ペレット

(1) 文献２：An environmental impact assessment of exported wood pellets from Canada to Europe

表 2-30　文献 2 のプロフィール

整理番号		文献 2
文献	著者	Francesca Magelli,他
	タイトル	An environmental impact assessment of exported wood pellets from Canada to Europe
	資料名	BIOMASS AND BIOENERGY
	Vol	33
	出版年	平成 21 年
	ページ	p434-441
調査対象の概要	業態	カナダ　ブリティッシュコロンビア州のペレット工場
	生産規模	カナダのペレット年間生産量100万トンのうち、3分の2以上を生産
	システム境界、フロー等	システム境界:【Harvest】→【truck】→【production】→【Train】→【Ocean vessel】 各工程の概要: 【Harvest】伐採搬出→ トラック運搬 110km→製材所での製材副産物としての木粉製造 【truck】製材所からペレット工場への運搬（20t トラック、28km） 【production】 乾燥（50～65%を 10%へ） →粉砕 →成型乾燥熱源は木粉 【Train】 ペレット工場から 港までの鉄道輸送(781km) 【Ocean vessel】 カナダのバンクーバーから ストックホルムまでの 海上輸送 （バルク船で 15,490km）
	配分	林内作業（harvest）の負荷は製材と木粉で重量配分
データ	取得方法	排出量データは文献値を利用しているが、一部のデータ（原料のトラック輸送距離）は調査で得ている。
	取得期間	― （引用文献に依存）
	機能単位	1tonne wood pellets
	評価項目	GHG(CO_2、CH_4、N_2O)、LCA（CO_2、CH_4、N_2O、CO、NO_x、SO_x、PM、VOC 他）

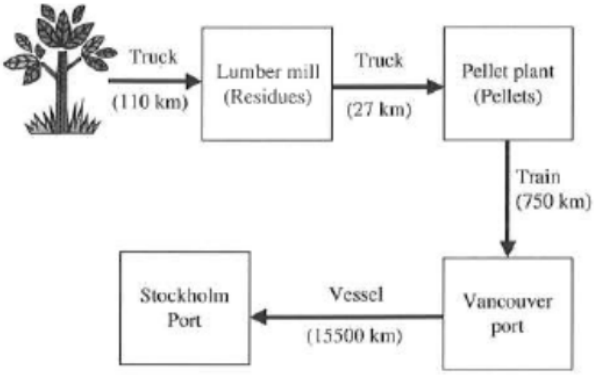


Fig. 1 – Production and transportation logistics of wood pellets from the Canadian forest to the European market.

表 2-31　文献 2 の環境負荷データ

整理番号	文献 2		
地域	Canada		
バイオマス	Wood pellets		
機能単位	kg/tonne wood pellets		
評価項目		CO_2	CO_2E *)
林内作業	Harvest	29.85	－
原木運搬	Truck	4.675	－
燃料製造	Production	27.8	－
燃料運搬	Train	12.785	－
燃料運搬（海運）	Ocean vessel	206.44	－
合計		281.55	－

※）温室効果ガスを CO_2 相当に換算した総量

(2) **文献 4：Carbon and Energy Balances for a Range of Biofuels Options**

表 2-32 文献 4 D のプロフィール

整理番号		文献 4　D
文献	著者	M.A.Elsayyed,他
	タイトル	Carbon and Enegy Balances for a Range of Biofue l s Options
	資料名	Project Number B/B6/00784/REP URN 03/836
	Vol	-
	出版年	2003
	ページ	ALL 341p
調査対象の概要	業態、生産規模	D：林地残材からの大規模なチップ製造 ※文献からのフォアグラウンドデータを用いたケーススタディ。
	システム境界、フロー等	D：林地残材からの大規模なチップ製造 製材用材の生産により発生する残材及び、製材端材からのチップ製造。 残材からのチップがメイン。 【更新】→ ①【残材の搬出】→【運搬】→【乾燥（貯蔵による自然乾燥）】→【チップ化】 ②【製材用材の伐倒・造材・搬出】→【製材端材のチップ化】→【製材端材の運搬】
	配分	林内作業の負荷は製品ごとに価値配分し、製材用材の運搬・製材工程は主製品に、製材端材のチップ化はチップに配分。
データ	取得方法	フォアグラウンドデータは文献値
	取得期間	― (引用文献に依存)
	機能単位	1 oven-dry tonne of wood chips
	評価項目	GHG（CO_2、CH_4、N_2O）

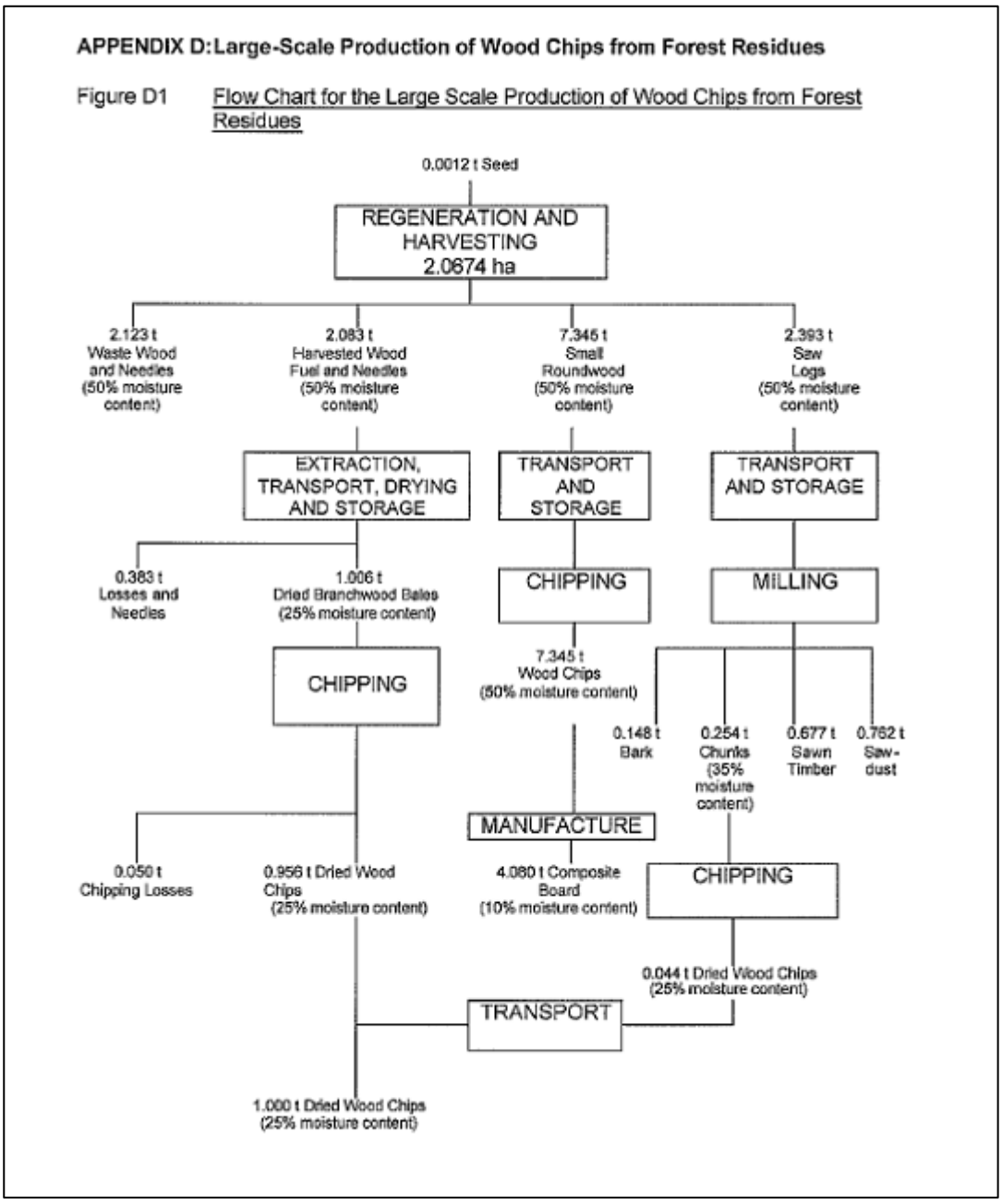


図 2-18　文献 4 のシステムフローその 1 (D)

（※文献 4 より抜粋）

表 2-33　文献 4 の環境負荷データその 1（D）

整理番号	文献 4　D		
地域	（United　Kingdom）		
バイオマス	Wood Chips		
機能単位	kg/oven-dry tonne of wood chips		
負荷項目		CO_2	CO_2E *）
林内作業	Regeneration	3	3
	Harvesting	3	3
	Extraction	6	6
原木運搬	Transport(residues)	9	9
原木保管・乾燥	Storage and Drying	-	-
燃料製造	Chipping(residues)	4	4
別工程	Chipping(Chunks)	-	-
	Transport(chips from chunks)	-	-
合計		25	25

※）温室効果ガスをCO_2相当に換算した総量

表 2-34　文献 4 E、F のプロフィール

整理番号		文献 4　E、F
文献	著者	M.A.Elsayyed,他
	タイトル	Carbon and Enegy Balances for a Range of Biofue l s Options
	資料名	Project Number B/B6/00784/REP URN 03/836
	Ｖｏｌ	-
	出版年	2003
	ページ	ALL 341p
調査対象の概要	業態、生産規模	E：森林管理で発生する材の小規模なチップ製造（オプション A） F：森林管理で発生する材の小規模なチップ製造（オプション B） ※文献からのフォアグラウンドデータを用いたケーススタディ。
	システム境界、フロー等	Ｅ：森林管理で発生する材の小規模な木材チップ生産（オプションＡ） 森林管理の過程で燃料用材を 8 回生産し、製材用材を 4 回生産し、主伐を行うと仮定した場合のチップ製造。小径木と主伐残材からのチップ製造がメイン。 【更新】→ ①【燃料用材の伐倒・造材・搬出】→【運搬】→【乾燥（貯蔵による自然乾燥）】→【チップ化】 ②【製材用材と主伐材の伐倒・造材・搬出】→【製材端材のチップ化】→【チップの運搬】 Ｆ：森林管理で発生する材の小規模な木材チップ生産（オプションＢ） 森林管理の過程で燃料用材を 1 回生産し、製材用材及び小径木を 6 回生産し、主伐を行い、主伐残材も収集すると仮定した場合のチップ製造。 燃料用材・小径木からのチップ製造がメインだが、主伐残材からもチップを行う。 【更新】→ ①【燃料用材・小径木の伐倒・造材・搬出】→【運搬】→【乾燥（貯蔵による自然乾燥）】→【チップ化】 ②【製材用材と主伐材の伐倒・造材・搬出】→【製材端材のチップ化】→【チップの運搬】
	配分	林内作業の負荷は製品ごとに価値配分し、製材用材の運搬・製材工程は主製品に、製材端材のチップ化はチップに配分。
データ	取得方法	フォアグラウンドデータは文献値
	取得期間	― (引用文献に依存)
	機能単位	1 oven-dry tonne of wood chips
	評価項目	GHG（CO_2、CH_4、N_2O）

APPENDIX E: Small-Scale Production of Wood Chips from Woodland Management (Option A)

Figure E1 Flow Chart for the Small Scale Production of Wood Chips from Woodland Management (Option A)

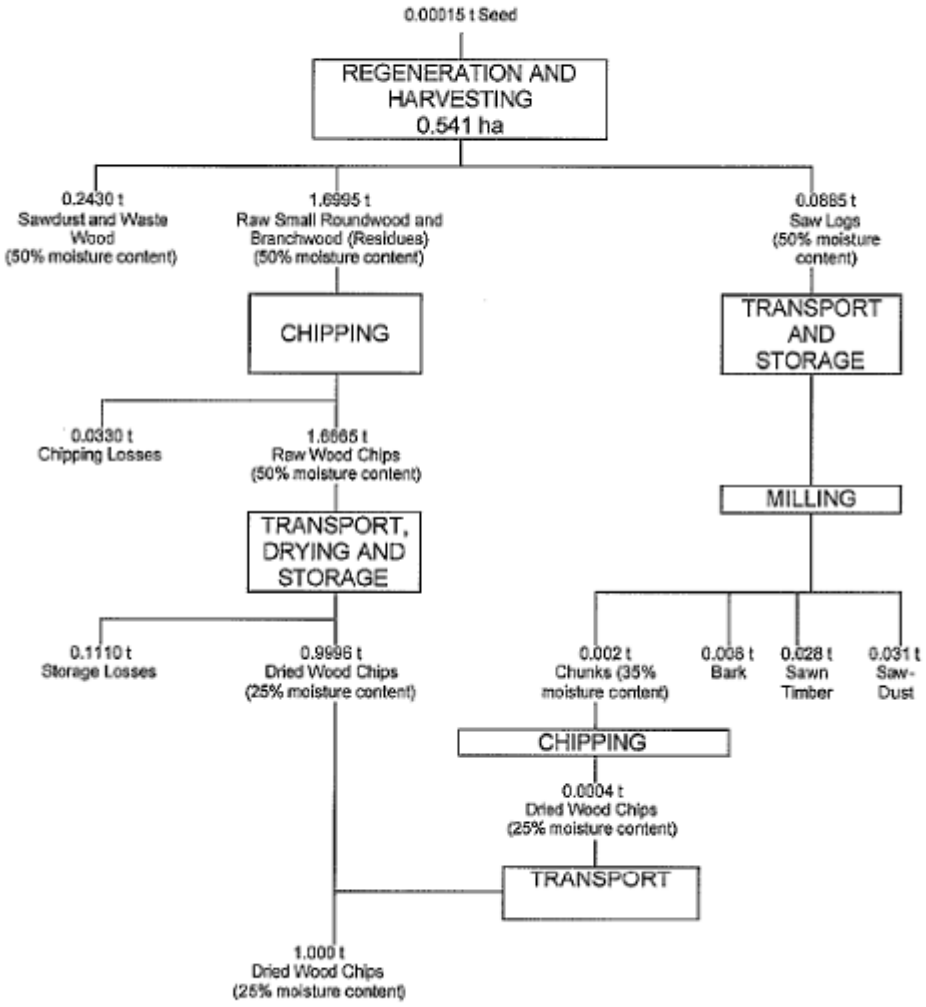

0.00015 t Seed
REGENERATION AND HARVESTING 0.541 ha
0.2430 t Sawdust and Waste Wood (50% moisture content)
1.6995 t Raw Small Roundwood and Branchwood (Residues) (50% moisture content)
0.0885 t Saw Logs (50% moisture content)
CHIPPING
TRANSPORT AND STORAGE
0.0330 t Chipping Losses
1.6665 t Raw Wood Chips (50% moisture content)
MILLING
TRANSPORT, DRYING AND STORAGE
0.1110 t Storage Losses
0.9996 t Dried Wood Chips (25% moisture content)
0.002 t Chunks (35% moisture content)
0.008 t Bark
0.028 t Sawn Timber
0.031 t Saw-Dust
CHIPPING
0.0004 t Dried Wood Chips (25% moisture content)
TRANSPORT
1.000 t Dried Wood Chips (25% moisture content)

図 2-19 文献 4 のシステムフローその２（E）

（※文献 4 より抜粋）

表 2-35　文献 4 の環境負荷データその 2（E）

整理番号	文献 4　E		
地域	（United　Kingdom）		
バイオマス	Wood Chips		
機能単位	kg/oven-dry tonne of wood chips		
負荷項目		CO_2	CO_2E *）
林内作業	Regeneration	1	1
	Harvest for fuel	5	5
	Harvest for logs	-	-
	Main harvest	2	2
燃料製造	Chipping(fuel wood)	5	5
燃料運搬	Transport(fuel wood)	7	7
燃料保管・乾燥	Storage and Drying(fuel wood chips)	-	-
別工程	Chipping(Chunks)	-	-
	Transport(chips from chunks)	-	-
合計		21	21

※）温室効果ガスをCO_2相当に換算した総量

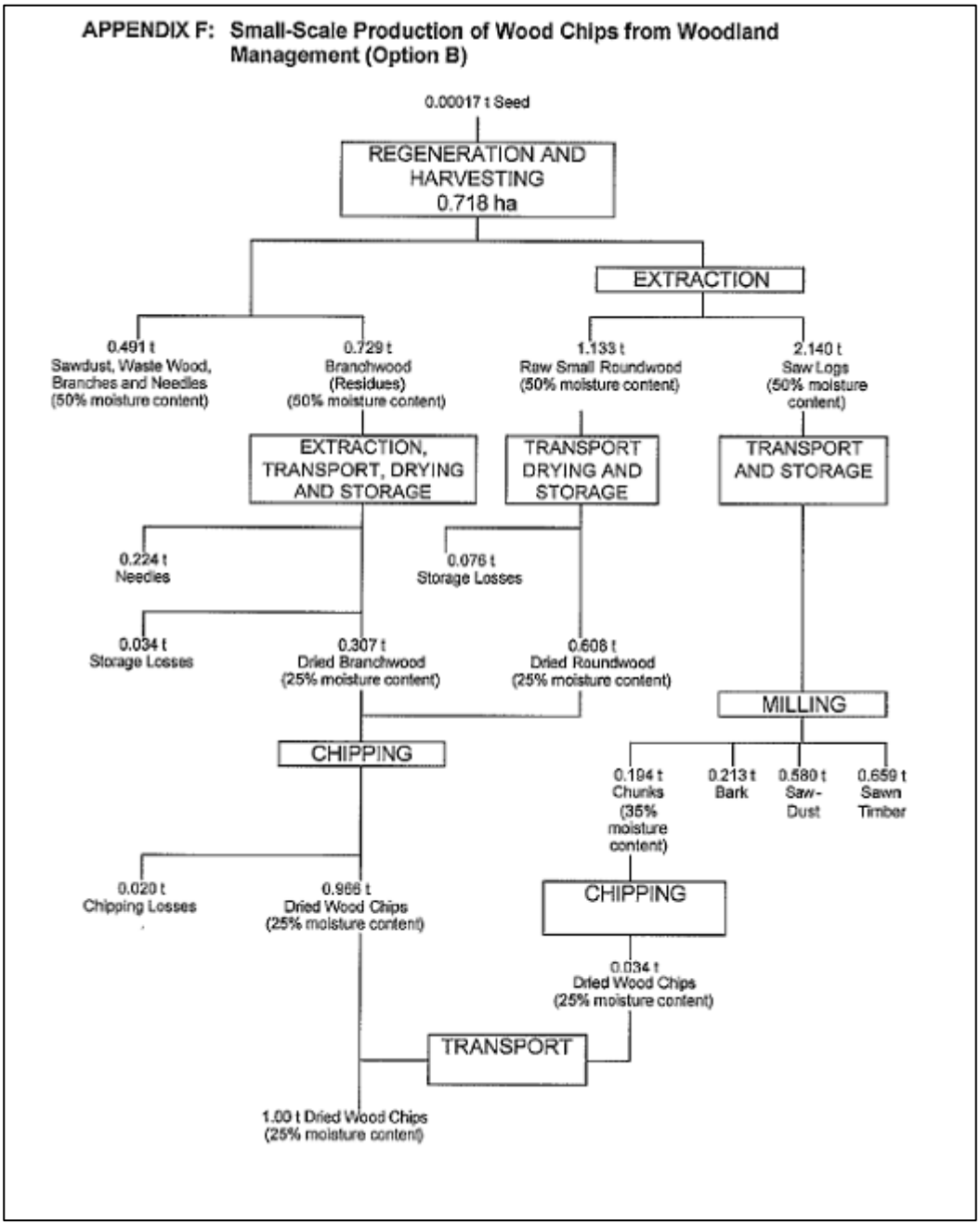


図 2-20　文献 4 のシステムフローその 3（F）

（※文献 4 より抜粋）

表 2-36　文献 4 の環境負荷データその 3（F）

整理番号	文献 4　F		
地域	（United　Kingdom）		
バイオマス	Wood Chips		
機能単位	kg/oven-dry tonne of wood chips		
負荷項目		CO_2	CO_2E *）
林内作業	Regeneration	3	3
	Harvest for fuel	3	3
	Harvest for logs（1-6）	-	-
	Main harvest	1	1
	Main extraction(logs and roundwood)	-	-
	Main extraction(residues)	1	1
原木運搬	Transport(residues and roundwood)	8	8
原木保管・乾燥	Storage and Drying (residues and roundwood)	-	-
燃料製造	Chipping(residues and roundwood)	4	4
別工程	Chipping(Chunks)	-	-
	Transport(chips from chunks)	-	-
合計		22	22

※）温室効果ガスをCO_2相当に換算した総量

表 2-37　文献 4 G、H のプロフィール

整理番号		文献 4　G、H
文献	著者	M.A.Elsayyed,他
	タイトル	Carbon and Enegy Balances for a Range of Biofue l s Options
	資料名	Project Number B/B6/00784/REP URN 03/836
	Ｖｏｌ	-
	出版年	2003
	ページ	ALL 341p
調査対象の概要	業態、生産規模	G：短伐期の雑木林からのチップ製造（オプション A） H：短伐期の雑木林からのチップ製造（オプション B） ※文献からのフォアグラウンドデータを用いたケーススタディ。
	システム境界、フロー等	G：短伐期の雑木林からの木材チップ生産（オプションA） 休閑地を利用して短伐期のポプラやヤナギの雑木林を造成したと仮定した場合のチップ製造。収穫機とチッパーが一体となった農業用機械の利用。 【雑木林の造成（土地の耕起、砕土、ポプラ等の挿し木等造成に必要な負荷から、造成しなかった場合に休閑地を維持するために必要な負荷を差し引いた値）】 →【収穫・チップ化】→【チップの運搬】→【乾燥（貯蔵による自然乾燥）】 H：短伐期の雑木林からの木材チップ生産（オプションB） 休閑地を利用して短伐期のポプラやヤナギの雑木林を造成したと仮定した場合のチップ製造。収穫機とベーラー（圧縮・結束を行う機械）が一体となった農業用機械の利用。 【雑木林の造成（土地の耕起、砕土、ポプラの挿し木苗等、造成に必要な負荷から、造成しなかった場合に休閑地を維持するために必要な負荷を差し引いた値）】 →【収穫・圧縮・結束】→【結束した木材の運搬】→【乾燥（貯蔵による自然乾燥）】→【チップ化】
	配分	林内作業の負荷は製品ごとに価値配分し、製材用材の運搬・製材工程は主製品に、製材端材のチップ化はチップに配分。
データ	取得方法	フォアグラウンドデータは文献値
	取得期間	― (引用文献に依存)
	機能単位	1 oven-dry tonne of wood chips
	評価項目	GHG（CO_2、CH_4、N_2O）

APPENDIX G: Production of Wood Chips from Short Rotation Coppice (Option A)

Figure G1 Flow Chart for the Production of Wood Chips from Short Rotation Coppice (Option A)

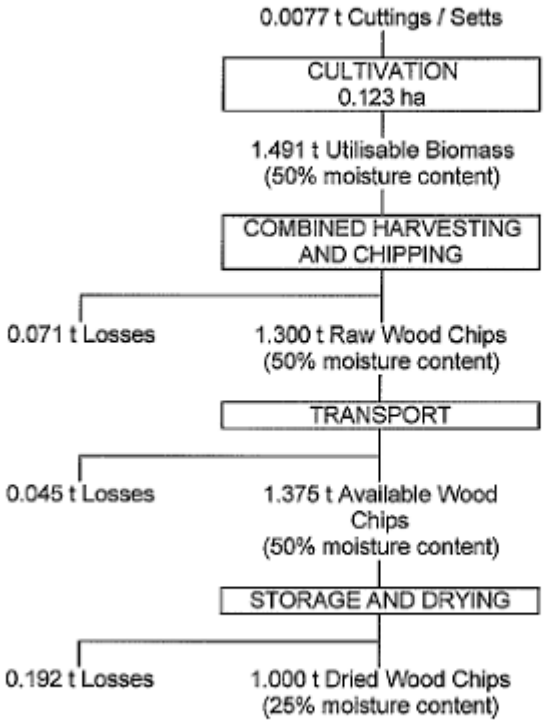


図 2-21 文献 4 のシステムフローその 4 (G)

(※文献 4 より抜粋)

表 2-38　文献 4 のシステムフローその 4（G）

整理番号	文献 4　G		
地域	（United　Kingdom）		
バイオマス	Wood Chips		
機能単位	kg/oven-dry tonne of wood chips		
負荷項目		CO_2	CO_2E *）
林内作業	Cultivation	17	18
	Harvest and Chipping	8	8
燃料製造	(Chpping は Harvest に含む)	-	-
燃料運搬	Transport	6	6
燃料保管・乾燥	Storage and Drying	-	-
合計		31	32

※）温室効果ガスをCO_2相当に換算した総量

APPENDIX H: Production of Wood Chips from Short Rotation Coppice (Option B)

Figure H1 Flow Chart for the Production of Wood Chips from Short Rotation Coppice (Option B)

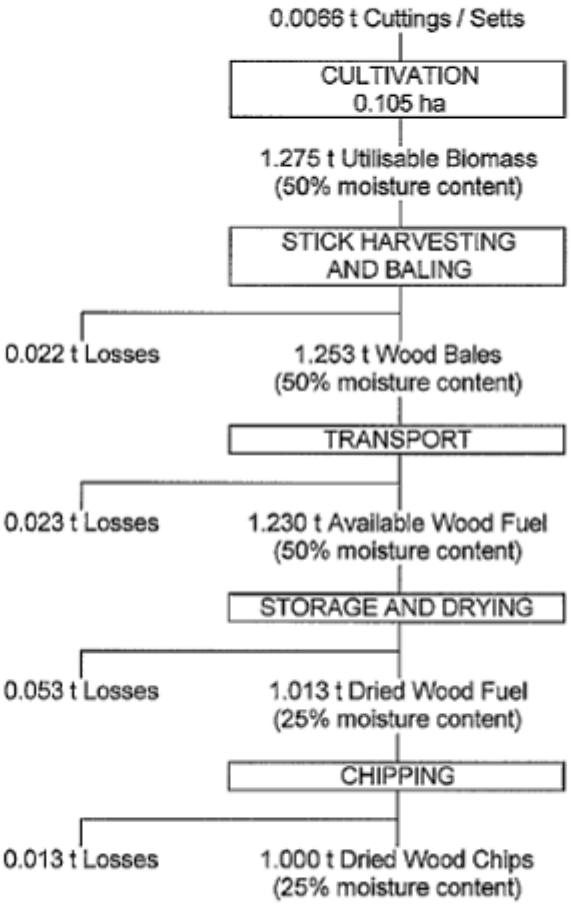


図 2-22 文献 4 のシステムフローその 5（H）

（※文献 4 より抜粋）

表 2-39　文献 4 の環境負荷データその 5（H）

整理番号	文献 4　H		
地域	（United　Kingdom）		
バイオマス	Wood Chips		
機能単位	kg/oven-dry tonne of wood chips		
負荷項目		CO_2	CO_2E *)
林内作業	Cultivation	14	15
	Harvest and Baling	3	3
原木運搬	Transport	5	5
原木保管・乾燥	Storage and Drying	-	-
燃料製造	Chipping	4	4
合計		26	27

※）温室効果ガスをCO_2相当に換算した総量

(3) 文献 9：A comparison of avoided greenhouse gas emissions when using different kinds of wood energy

表 2-40　文献 9 のプロフィール

整理番号		文献 9
文献	著者	A.K. Petersen Raymer
	タイトル	A comparison of avoided greenhouse gas emissions when using different kinds of wood energy
	資料名	BIOMASS AND BIOENERGY
	Vol	30
	出版年	平成 18 年
	ページ	p605-617
調査対象の概要	業態・生産規模	ノルウェーの Hedmark County における木質バイオマス燃料製造事業者の年間のデータ。 薪、おがくず、バーク、ブリケット、ペレット、解体木材のうち、本調査では①薪と②ペレットを引用する。 ①薪：Rondeved ANS 社（2002 年） 年間生産量： pine 約 600m³、 birch 約 1,100m³ ②ペレット：Norsk trepellets Langmoen 社（2002 年） 年間生産量：8,000 t
	システム境界、フロー等	①薪 システム境界：【harvest】→【transport】→【production】→【transport to consumer】 各工程の概要： 【harvest】材の伐採・造材・搬出（ハーベスタ、フォワーダ、農業用トラクタ、チェンソーの燃料）。 【transport】 材の運搬（25km） 【production】 薪の製造にかかる軽油 【transport to consumer】 客先（個人宅）への運搬（204km） ②ペレット システム境界：【production of sawdust】→【transport】→【drying】→【production】→【transport to consumer】（→【incineration】） 各工程の概要： 【production of sawdust】 原料に国外の針葉樹を使っているため、おが粉製造は別会社(valer 社)のデータを使用 【transport】 valer 社からペレット工場へのおが粉運搬（119km） 【drying】ブリケット工場（バークボイラー所有）のおが粉乾燥のデータを使用 【production】 ペレット製造 【transport to consumer】 客先への運搬（15km）
	配分方法	配分はしていない
データ	取得方法	調査（一部、文献データも引用）
	取得期間	2002 年
	機能単位	1m³（薪）,1tonne（ペレット）
	評価項目	GHG（CO_2、CH_4、N_2O）

表 2-41　文献 9 の環境負荷データ

整理番号	文献 9					
地域	Norway					
バイオマス		fuel wood（pine）		fuel wood(birch)		pellets	
機能単位		kg/1m^3 fuel wood		kg/1m^3 fuel wood		kg/1tonne pellets	
負荷項目		CO_2	CO_2E *)	CO_2	CO_2E *)	CO_2	CO_2E *)
林内作業	Harvesting	5.3	5	5.3	5	-	-
原木運搬	Transport	1.836	2	2.123	2	-	-
燃料製造	Production	7.038	7	7.038	7	-	-
原料製造	Production of sawdust	-	-	-	-	27.81	29
原料運搬	Transport	-	-	-	-	5.462	6
原料保管・乾燥	Drying	-	-	-	-	0	1
燃料製造	Production	-	-	-	-	0	0
燃料運搬	Transport to consumer	7.491	8	8.661	9	0.689	1
使用	Combustion	0	38	0	49	0	22
合計		21.665	61	23.122	73	33.960	59

※）温室効果ガスをCO_2相当に換算した総量

(4) 文献 10：LCA of environmental and socio-economic impacts related to wood energy production in alpine conditions:Valle di Fiemme(Italy)

表 2-42　文献 10 のプロフィール

整理番号		文献 10
文献	著者	Clara Valente, 他
	タイトル	LCA of environmental and socio-economic impacts related to wood energy production in alpine conditions:Valle di Fiemme(Italy)
	資料名	Journal of Cleaner Production
	Vol	-
	出版年	平成 23 年
	ページ	p1-8
調査対象の概要	業態・生産規模、	北イタリアの高山地域(Valle di Fiemme in Trentino region (North Italy)の森林からトレントの地域熱供給プラントに運ばれる木質バイオマスを対象としている。地域熱供給プラントの木材チップ消費量は、13,709 m^3 solid over bark (s.o.b.)(平成 20 年)。
	システム境界、フロー等	フロー(システム境界): 【FOREST(Stump site op. Extraction)】→【LANDING(Landing op. Chipping)】→【ROAD(Transport)】→【PLANT】(PLANT はシステム境界外) 各工程の概要: 【FOREST(Stump site op. Extraction)】 チェンソー伐倒と架線集材機による集材 【LANDING(Landing op. Chipping)】 地上に下ろされた材は、プロセッサーで枝払い、造材、はい積み。 丸太にならない残材は分別され、チップ化 【ROAD(Transport)】 トラック(チップ 6.3t 積載)で、林分から地域熱供給プラントまで運搬(30km)
	配分方法	伐倒と集材の負荷は丸太と残材で体積配分。チップ化とチップ運搬の負荷はチップに負わせた。
データ	取得方法	文献および調査データ
	取得期間	― (文献に依存)
	機能単位	1m^3 solid over bark (s.o.b.)
	結果項目	GHG(CO_2、CH_4、N_2O)

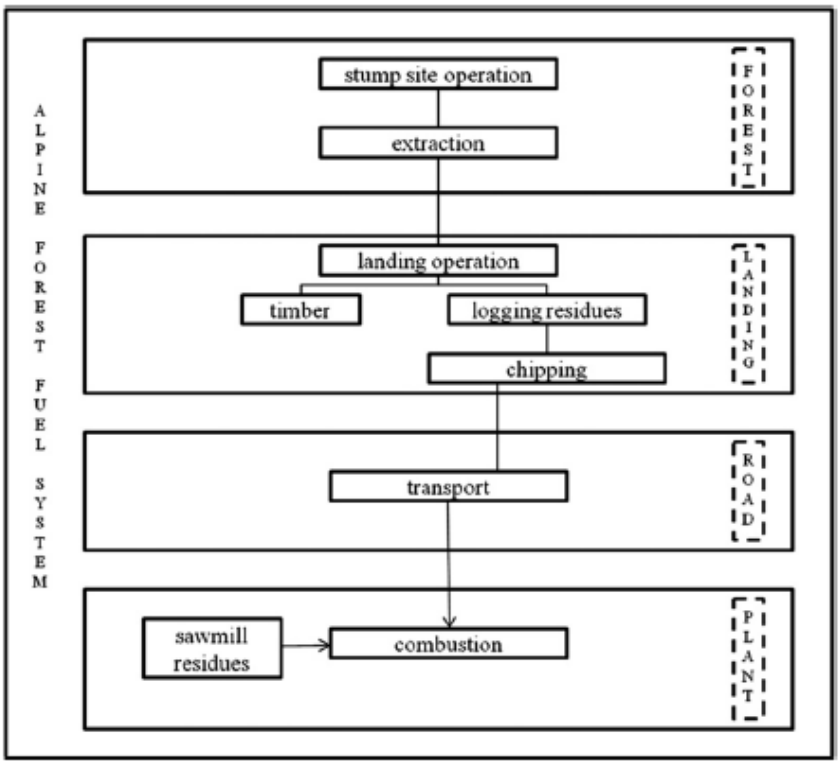


図 2-23　文献 10 のシステムフロー（※文献 12 より抜粋）

表 2-43　文献 10 の環境負荷データ

整理番号	文献 10		
地域	Italy		
バイオマス		Wood chips	
機能単位		kg/1m^3 solid over bark(s.o.b)	
負荷項目		CO_2	CO_2E *) (GWP)
林内作業	Stump site op.	－	0.1
	Extraction	－	1.25
原木運搬	Landing op.	－	3.02
燃料製造	Chipping	－	5.29
燃料運搬	Transport	－	3.54
合計		－	13.2

※）温室効果ガスをCO_2相当に換算した総量

(5) 文献 11：国内・外産石炭火力混焼用バイオマス燃料の製造・輸送に関わる CO_2 排出量の評価（2011）

表 2-44　文献 11 のプロフィール

整理番号		文献 11
文献	著者	井内正直
	タイトル	国内・外産石炭火力混焼用バイオマス燃料の製造・輸送に係わるCO_2排出量の評価
	資料名	電力中央研究所報告
	Vol	研究報告：Y10010
	出版年	平成 23 年
	ページ	ALL　29P
調査対象の概要	業態・生産規模	本調査では、木質ペレットの海外4事例（カナダ）を引用する。 ＜カナダ 4 事例の概要＞ ・事例1：立地はカナダ・BC 州・Merritt、ペレット生産能力は 60,000t/年、原料は製材廃材・建築廃材・立枯れ木等 ・事例2：立地はカナダ・BC 州・Kelowna、ペレット生産能力は 50,000t/年、原料は製材廃材（鉋くず）等 ・事例3：立地はカナダ・BC 州・PrinceGeorge、ペレット生産能力は 220,000t/年、原料は製材廃材（木屑、鉋くず、樹皮）等 ・事例4：立地はカナダ・BC 州・Princeton、ペレット生産能力は 108,000t/年、原料は製材廃材（チップ）
	システム境界、フロー等	システム境界は、【原料陸運】、【乾燥】、【成型】、【製品陸運】、【海運】
	配分方法	配分はしていない
データ	取得方法	文献データ、アンケートなど
	取得期間	引用文献によって発行年が異なるが、主に平成 21 年から平成 22 年に発行された文献を利用している。
	機能単位	1pellet－t
	評価項目	GHG（CO_2）

表 2-45　文献 11 の環境負荷データ

整理番号	文献 11				
地域	カナダ				
バイオマス		木質ペレット			
機能単位		kg-CO_2/pellet-t			
負荷項目		CO_2 カナダ1	CO_2 カナダ2	CO_2 カナダ3	CO_2 カナダ4
原木・原料運搬	原料陸運	0.1	3.09	0.17	0.1
原木原料の保管・乾燥	乾燥	412.92	2.38	0.04	0
燃料製造	成形	7.67	12.63	11.93	8.71
燃料運搬	製品陸運	9.08	5.16	9.44	9.61
燃料運搬（海運）	海運	116.97	140.37	95.7	97.48
合計		546.74	163.63	117.28	115.90

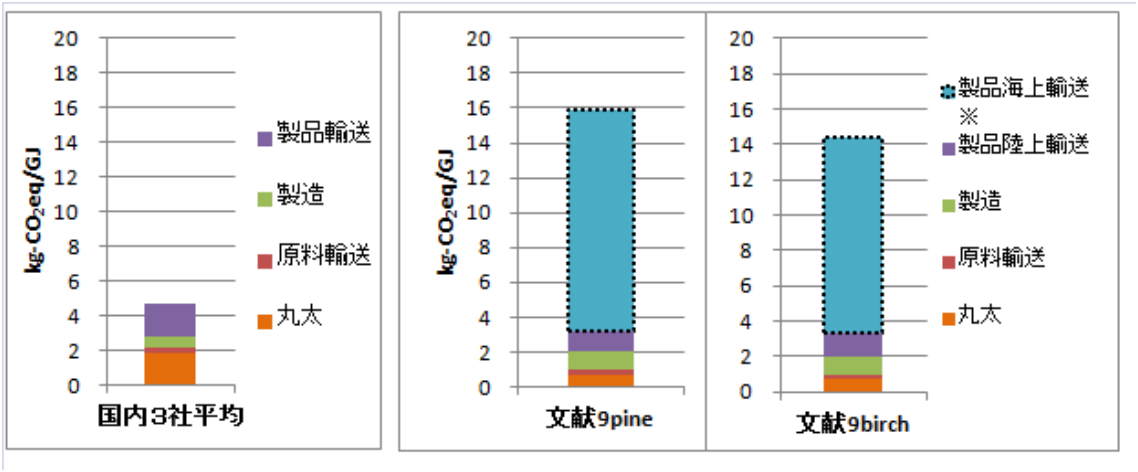
※）温室効果ガスをCO_2相当に換算した総量

2.5.5 国内調査結果との比較

海外文献調査で得られた海外産木質バイオマスの GHG 排出量を、国内調査の結果と比較する。それぞれの文献ごとに配分方法やシステム境界が異なるが、国内調査と比較対象とする文献は、分析方法をできる限り揃えることとした。但し、システム境界が完全に一致しない部分もあるため、正確な比較ではなく参考程度と考えられる。

(1) 薪

薪の GHG 排出量(CO_2 相当量)を国内と海外で比較した(図 2-24)。海外については、文献 9 から得られたデータに加え、製品の海上輸送※及び輸入された製品の国内輸送(国内調査の 3 社平均)を含めたトータルの GHG 排出量を推計した。文献 9 においては環境負荷算出の際に配分をしておらず(国内調査と同様)、システム境界についても丸太の伐採・造材・搬出、丸太の運搬、薪の製造、客先への運搬となっており国内調査と類似しているため、妥当な比較が可能と考えられる。



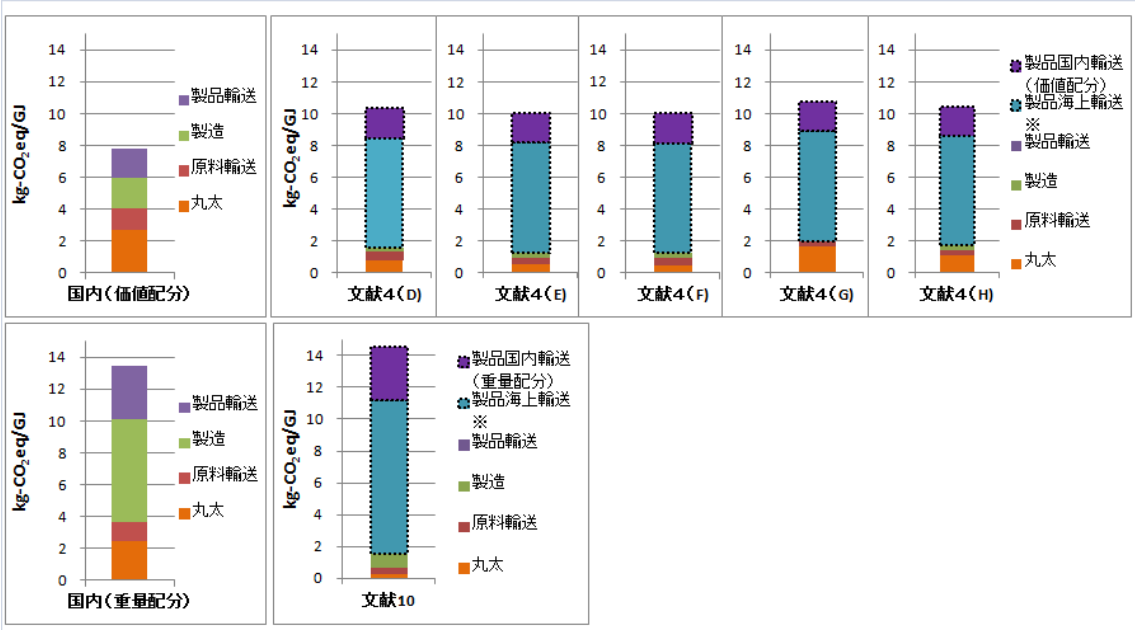
※ 薪の輸送船を原木輸送の外航船舶バラズミ船と同タイプと仮定すると、m^3・km 当たりの CO_2 排出量は 5.08E-03/kg-CO_2 m^3・km[11]、原木のかさ比重を 0.505t/m^3(ベイマツ、ベイツガの気乾比重 0.55、0.46kg/m^3[11]の平均)と仮定すると、t・km 当たりの CO_2 排出量は 1.01E-02/kg-CO_2 となる。カナダから日本への海運距離は 7,912km より、薪の海上輸送における CO_2 排出量は 7.96E+01 kg-CO_2/t と推計される。

図 2-24 国内調査と文献データの比較(薪)

原料調達から製品の陸上輸送において排出される GHG は国内の方が大きいが、製品の海上輸送及び輸入された製品の国内輸送(国内調査の 3 社平均)で排出される GHG が大きいため、トータルでは国内の薪の方が、環境負荷が小さい結果となった。

(2) チップ

チップの GHG 排出量(CO_2 相当量)を国内と海外で比較した(図 2-25)。海外については、文献 4、12 から得られたデータに加え、製品の海上輸送※及び輸入された製品の国内輸送(国内調査の 3 社平均)を含めたトータルの GHG 排出量を推計した。配分方法については、文献 4 は価値配分、文献 10 は重量配分を行っているため、それぞれ国内調査の価値配分と重量配分の結果と比較した。また、システム境界については、国内調査で対象としない更新を一部で含む(文献 4)ものの、伐倒、集材、造材、チップ化、チップ運搬等となっており、概ね国内調査と同様であると考えられる。



※ チップの輸送船を 2.5～5 万 DWT のバルク船と想定すると、このサイズの船の年間輸送量 499E-09t･mile/年と年間燃料消費量 2,070E-03 t-Fuel/年 [12]から、t･km 当たりの CO_2 排出量は 7.46E-03 kg-CO_2 と算出される。カナダから日本への海運距離 7,912km より、チップの海上輸送における CO_2 排出量は 59.0 kg-CO_2/t と推計される。

図 2-25 国内調査と文献データの比較(チップ)

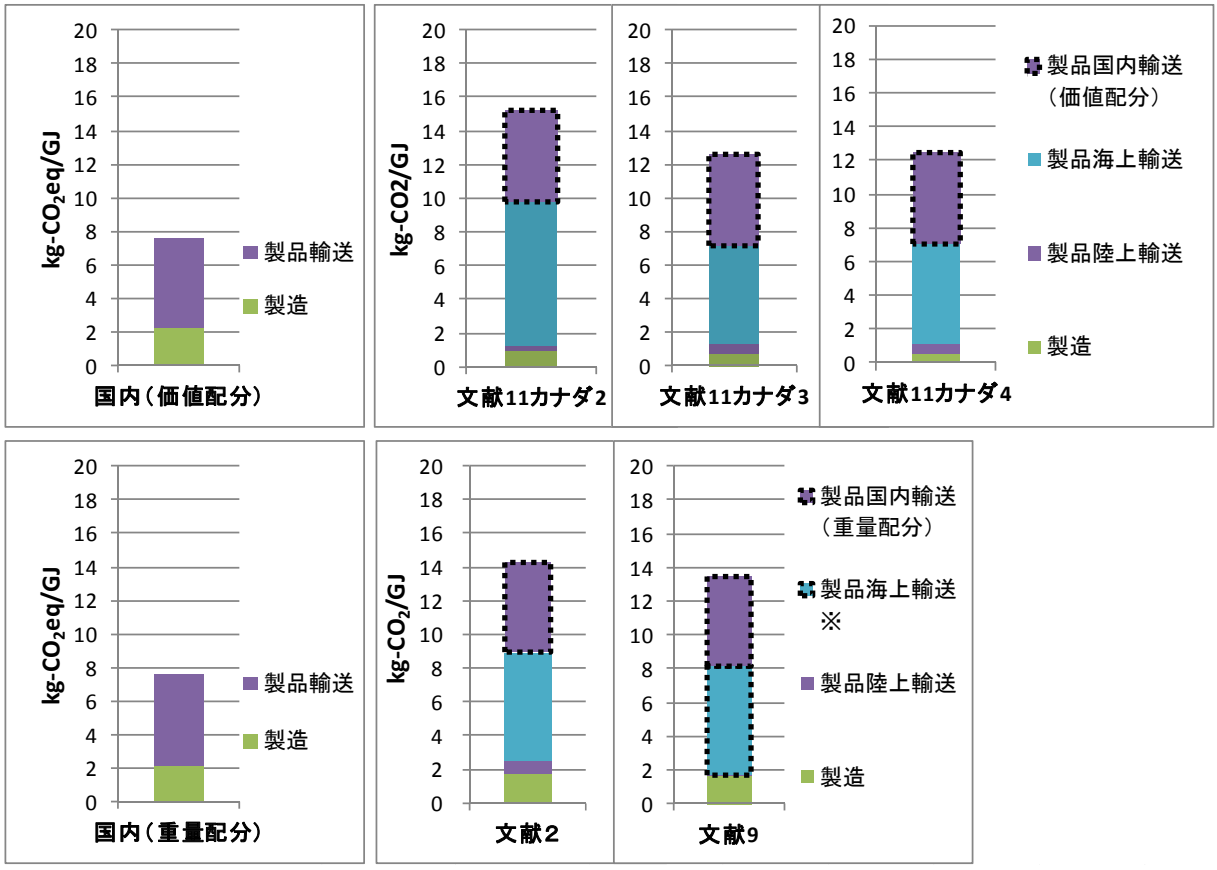
原料調達から製品の陸上輸送において排出される GHG は国内の方大きいが、製品の海上輸送において排出される GHG が大きいため、トータルの環境負荷では国内のチップの方が小さい結果となった。

製造過程の GHG 排出量を比較すると、国内が海外より顕著に大きくなっている。これは、国内の 3 社はいずれもチップが主製品であるのに対し、海外では文献 4(G)、4(H)を除き主製品が製材であり、その生産過程で出る林地残材や製材端材をチップ化しているためである。日本においても、製材の副産物からチップを製造する事例では、より環境負荷が小さくなることが推測される。なお、文献 4(G)と 4(H)はチップが主製品であるが、農耕放棄地に早生樹を植え、農業用機械で収穫等

を行うという効率的な施業を想定している。

(3) ペレット

ペレットの GHG 排出量(文献 9 については CO_2 相当量、その他は CO_2 量)を国内と海外で比較した(図 2-26、図 2-27)。海外については、文献 2、9、11 から得られたデータに加え、製品の海上輸送※(文献 9 のみ)及び輸入された製品の国内輸送(国内調査の 3 社平均)を含めたトータルの GHG 排出量を推計した。文献 9 の海上輸送については文献 11 の海上輸送の原単位を用いた。配分方法については、文献 11 は価値配分、文献 2、9 は重量配分を行っているため、それぞれ国内調査の価値配分と重量配分の結果と比較した。システム境界については、文献 9 と文献 11 は丸太の生産工程を含まないため、同じ工程での比較を目的とすることから、国内調査及び文献 2 についても丸太の生産工程を除いて比較をした。その他のシステム境界については、原料陸運、乾燥、成型、製品陸運、海運等となっており概ね国内調査と類似している。また、文献 9 では既に粉砕された状態の原料を用いている事例が多いため粉砕工程を考慮していないが、この値は小さいと考えられること、また、国内外のペレット製造システムの違いを反映していると考えられることから、粉砕工程は含めて比較することとした。



※ 文献 11 の 4 事例における、カナダから日本への海運の CO_2 排出量(加重平均値)104.1kg-CO_2/t-pellet を用いた。

図 2-26 国内調査と文献データの比較(ペレット①)

原料の調達から製品の国内輸送において排出される GHG は国内の方が大きいが、製品の海上輸送において排出される GHG が大きいため、トータルの環境負荷は、国内のペレットの方が小さい結果となった。

但し、文献 11 カナダ1の事例(図 2-27)については、他の文献及び国内調査に比べ、製品製造で排出される GHG が突出している。この要因について文献の筆者の見解を確認したところ、他の事例では余剰の木質バイオマスを乾燥熱源としている(または既に乾燥している原料を使用している)のに対して、カナダ 1 では乾燥熱源に軽油を利用するため CO_2 排出が多くなるという回答を得た。

国内調査では乾燥熱源としてペレット又は電気を用いているが、これらの熱源は軽油と比べて GHG 排出量が抑えられることが示唆された。

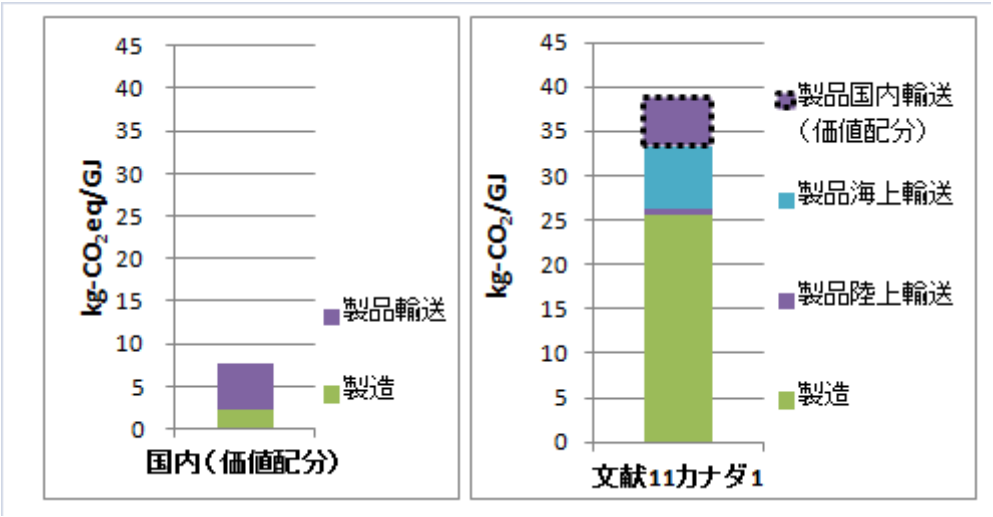


図 2-27　国内調査と文献データの比較（ペレット②）

以上より、今回調査した事例においては、国内製造木質バイオマスが海外製造木質バイオマスよりも GHG 排出量が小さく、地球温暖化防止への貢献度が高いことが示唆された。

2.6 結言

2.6.1 丸太及び国内製造木質バイオマス燃料の環境影響評価結果

本項での調査結果を下表にまとめた。丸太と木質バイオマス燃料（薪・チップ・ペレット）では、単位が異なるため、注意が必要である。

薪では小ロットでの製品配送がなされており、製品輸送が最も大きく、効率的な配送システムの検討が必要と考えられる。

チップでは製品製造段階が最も大きく、環境負荷低減には破砕の方法や樹種等、チップ化の効率化が重要と考えられる。

ペレットについては、社会コストについては製品製造段階、GHG 排出量については製品輸送段階での環境負荷が最も大きかった。これは、社会コストでは、都市域大気汚染領域における排出物（Sox、ばいじん（点源））の量が大きかったことから、ペレット製造段階における電力消費量と、ボイラー等によるばいじんの発生量の低減が重要と考えられた。

また、GHG 排出量については、遠方への製品輸送の環境負荷が影響していると考えられ、地産地消のペレット利用が望ましいと考えられる。

また、木質バイオマス燃料のについては、使用・廃棄段階をシステム境界に含んでいないため、今後の検討が望まれる。

表 2-46　丸太の環境影響評価結果

	作業路開設	伐倒・造材	搬出	その他	通勤	輸送	合計
社会コスト	27.6	42.4	11.5	0.3	3.4	13.5	98.8
（円/t）	(28%)	(43%)	(12%)	(0%)	(3%)	(14%)	
GHG 排出量	7.9	11.6	3.3	0.1	1.0	2.6	26.4
（kg-CO_2eq /t）	(30%)	(44%)	(12%)	(0%)	(4%)	(10%)	

表 2-47　薪の環境影響評価結果

	原材料製造	原材料輸送	製品製造	製品輸送	合計
社会コスト	6.9	1.5	2.3	6.9	17.6
(円/GJ)	(39%)	(8%)	(13%)	(39%)	
GHG 排出量	1.9	0.3	0.6	1.9	4.7
(kg-CO_2eq /GJ)	(39%)	(6%)	(13%)	(41%)	

表 2-48　チップの環境影響評価結果

	原材料製造	原材料輸送	製品製造	製品輸送	合計
社会コスト(重量配分)	9.1	4.6	9.6	11.4	34.8
(円/GJ)	(26%)	(13%)	(28%)	(33%)	
社会コスト(価値配分)	10.1	5.0	11.4	11.4	37.9
(円/GJ)	(27%)	(13%)	(30%)	(30%)	
GHG 排出量(重量配分)	2.5	1.2	6.4	3.4	13.4
(kg-CO_2eq /GJ)	(18%)	(9%)	(48%)	(25%)	
GHG 排出量(価値配分)	2.7	1.3	1.9	1.9	7.8
(kg-CO_2eq /GJ)	(35%)	(17%)	(24%)	(24%)	

表 2-49　ペレットの環境影響評価結果

	原材料調達	製品製造	製品輸送	合計
社会コスト(重量配分)	508.5	40.0	26.6	575.1
(円/GJ)	(88%)	(7%)	(5%)	
社会コスト(価値配分)	13.6	40.0	26.6	80.1
(円/GJ)	(17%)	(50%)	(33%)	
GHG 排出量(重量配分)	19.2	1.8	5.4	26.4
(kg-CO2eq /GJ)	(73%)	(7%)	(20%)	
GHG 排出量(価値配分)	0.8	1.8	5.4	8.0
(kg-CO2eq /GJ)	(10%)	(23%)	(67%)	

2.6.2 化石燃料との比較

以下に、本章の結果を使用し、参考までに国内製造木質バイオマスと化石燃料の GHG 排出量を比較した。想定した熱利用機器、エネルギー源、熱効率は以下のとおりである。なお、熱利用機器を運転させるために必要な電力は考慮していない。

表 2-50　想定する熱利用機器とエネルギー源及び熱効率

想定する熱利用機器		エネルギー源	熱効率(%)
①	薪ストーブ	薪	63
②	薪ボイラー	薪	70
③、④	チップボイラー	チップ	80
⑤、⑥	ペレットストーブ	ペレット	77
⑦、⑧	ペレットボイラー	ペレット	86
⑨	灯油ストーブ	灯油	86
⑩	灯油ボイラー	灯油	88
⑪	A重油ボイラー	A重油	85
⑫	ガスストーブ(13A)	都市ガス13A	82
⑬	ガスボイラー(13A)	都市ガス13A	90

化石燃料と比較し、木質バイオマス燃料の環境負荷が少ない結果となった。適用したシステム境界内（原材料調達、製品製造、使用（燃焼のみ））においては、木質バイオマス燃料の使用は地球温暖化対策に効果があると考えられる。なお、薪、チップ、ペレットはカーボンニュートラルであるとし、燃焼時の CO_2 排出量を計上していない。

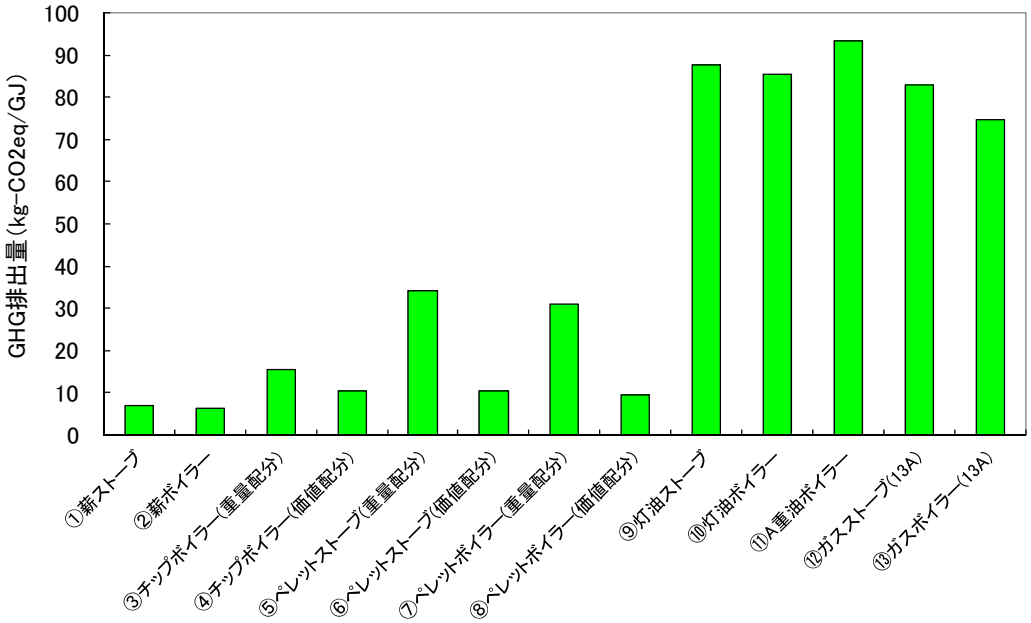


図 2-28　GHG 排出量の比較

2.6.3 今後の課題

本項での調査結果及び検討委員会での指摘事項を踏まえ、以下に今後の課題をまとめた。

(1) LCA を活用した木質バイオマス燃料の評価データの蓄積

本事業で対象とした事業者は、あくまで事例であり、取扱い数はまだまだ少なく、国内全体の状況を反映しているとは言い難い。引き続き、木質バイオマス燃料の環境影響評価を実施し、評価事例を増やして、その傾向、データの信頼性を積み上げていく必要があり、そのうえで、他燃料との比較・検証を行うことが重要である。

また、本章での木質バイオマス燃料のシステム境界は、原材料製造(調達)から製品輸送までであることから、製品の使用・廃棄の段階における評価をした上で他の化石燃料等と比較することが望ましい。

(2) 様々な木質バイオマス燃料利用システム(発電等)への LCA 評価の実施

本事業では、木質バイオマス燃料の使用段階について、熱利用の検討を行った(参照:2.6.2 化石燃料との比較)。木質バイオマス燃料の利用システムは熱利用の他、発電、液化といった変換技術があり、東日本大震災を経た今、また、再生可能エネルギーの固定価格買取制度が平成 24 年 7 月 1 日からスタートすることも追い風となり、それらに対する注目、期待は大きい。

実証・研究段階にある利用技術も多くあるが、木質バイオマス発電等は商用運転がなされている。しかしながら、LCA を用いた環境影響評価を実施した事例は皆無に等しく、今後、同分野への調査・研究が必要と考えられる。

(3) 蓄積データの集約・公表

(1)、(2)で得られた結果を可能な限り集約し、他の化石燃料等と比較、公表することで、国民がより環境負荷の少ないエネルギー源を選択できるよう、広く理解を促すことが重要である。そういった意味で、本事業で作成した計算ツールにより、ユーザーが計算した木質バイオマス燃料の環境負荷を集約する仕組みがあることが望ましい。また、既存のカーボンフットプリント試行制度等を活用することも有効である。

(4) 木質バイオマス事業への LCA の応用

欧州等では、ペレットを例にとると、破砕の方法や含水率、樹種、摩擦等によって省エネ度合いが全く変わってくるため、各種データの蓄積を行っており、我が国においても実証試験と組み合わせたデータの評価による生産性の向上が期待される。また、経済性・環境性の両面で事業の評価をすることは重要であり、今後、より緻密なデータが必要になる可能性がある。

事業における経済面と環境面を評価することができる評価手法に、フルコスト評価がある。本事業では実施できなかったが、本評価法は、ライフサイクルを通じて当事者が支払う費用(内部費用)に、市場において取引されないが特定の価値が減耗したものを費用として表示する外部費用を合算し、総費用として表したもので、評価方法の一つとして、有効であると考えられる。

(5) 持続可能性指標等、国際動向を踏まえた行動

現在、バイオエネルギーの利用拡大に伴い、世界各地で様々な問題が発生しているとされている。例えば、一部の専門家からはバイオ燃料の原料作物生産のために熱帯雨林が伐採されているという指摘がある。我が国における木質バイオマスエネルギーの利用量は年々増加しているが、今後、同様のケースが生じる可能性はゼロではない。例えば、木質バイオマスを燃料とした発電事業等では、原材料となる木質バイオマスを大量に必要とするため、山林の皆伐施業が進み、表層土壌の流出、水源涵養機能の低下等が生じる可能性がある。したがって、バイオマス燃料の LCA を実施する際、土地利用転換までをシステム境界として、評価することが望ましい。

このような環境影響評価の対象をより広範にしようとする動きが、GHG 算定・報告の世界的な基準の一つ「GHG プロトコル」においても見られる。GHG プロトコルの発行主体である GHG プロトコル・イニシアチブ（米国の WRI（World Resources Institute）と、持続可能な発展へのコミットメントを共有する企業の連合体組織である WBCSD（World Business Council for Sustainable Development）が主催）は、企業のサプライチェーン全体の GHG 排出に相当する「スコープ 3」についての算出・報告基準を平成 23 年 10 月 4 日に公表した。これまで、企業の GHG 排出は、①スコープ 1（企業の直接排出）、②スコープ 2（エネルギー利用による間接排出）についての算定・報告基準が定められていたが、自社・自組織の事業活動に伴う地球温暖化への広範な影響の把握・理解の必要性を認識している企業のニーズや、幅広い GHG 情報開示を求める投資家のニーズに対応するため、③スコープ 3（その他の間接排出）が開発された。

また、GBEP（Global Bioenergy Partnership, 国際バイオマスエネルギーパートナーシップ）は、平成 17 年 7 月のグレンイーグルスサミットでの提案を受け、各国首脳がバイオマスエネルギーの持続的発展を図ることを目的として、平成 18 年 5 月 11 日に設立された。平成 23 年 3 月時点での参加国は、アルゼンチン、ブラジル、カナダ、中国、コロンビア、フィジー、フランス、ドイツ、ガーナ、イタリア、日本、モーリタニア、メキシコ、オランダ、パラグアイ、ロシア、スペイン、スーダン、スウェーデン、スイス、タンザニア、イギリス、アメリカの 23 カ国および、欧州委員会、国際連合食糧農業機関(FAO)、米州開発銀行(Inter-American Development Bank, IDB)、国際エネルギー機関(IEA)、国連貿易開発会議(UNCTAD)、国連経済社会局(UN/DESA)、国連開発計画(UNDP)、国連環境計画(UNEP)、国連工業開発機関(UNIDO)、国連財団、世界再生可能エネルギー協議会(World Council for Renewable Energy, WCRE)、欧州バイオマス産業連合(European Biomass Industry Association, EUBIA)の 12 機関で構成される他、オブザーバとして 22 カ国、10 機関が含まれている。

GBEP では、バイオマスの持続可能性に関する検討が進められており、平成 23 年 5 月にはバイオエネルギー持続可能性指標が公表されている（表 2-51）。指標の選択や実際の利用方法は各国の判断に任されているが、この指標を意識した取り組みは国内外で求められていくと考えられる。以下に、イギリスの取り組みを紹介する。

信州大学マイケル・ノートンらの資料 [13]によると、平成 23 年 4 月、イギリス政府は the Renewables Obligation(以降「RO」とする。再生可能エネルギーを保証、促進するイギリス政府

の主要な仕組み)のもとで、固体バイオマス及びバイオガスの発電利用における持続可能性基準を導入した。基準は以下のとおりである。

・固体バイオマス及びバイオガスを利用した発電では、化石燃料利用時と比較して最低 60%のライフサイクルにおける温室効果ガス排出を削減する(285.12 kg-CO_2eq/MWh もしくはそれ以下に匹敵)。

・生物多様性価値の高い土地もしくは炭素蓄積の高い土地(原生林、泥炭地、湿地を含む)から生産されるバイオマスの利用を一般的に控える。

・バイオマスの種類、形状、重量および体積、原産国、廃棄物由来かエネルギー作物か副産物かの別、環境基準を満たしている場合にはその基準の名称、加えて、平成 20 年 1 月以降の土地利用変化の詳細といった情報を報告する。

本基準の遵守については、1MW 以上の発電所には義務として課されるが、50kW 以上 1MW 未満の発電所には活動の報告が求められるのみである。

イギリスの電力管理者にとって、本要件が単なる活動報告から義務へ移るまでの期間は短い。平成 25 年 4 月以降は、本基準は RO から財政支援を受けるための正式な要件となる。発電事業者のライフサイクル GHG 評価実施を支援するため、無料のオンラインツールが公開されている。このツールを用いることで、発電事業者は、バイオマス発電・発熱における排出量を評価することが可能となる。なお、この算定には、伐採や加工、輸送に係る排出量も含まれている上、平均 20 年以上の土地利用変化も要因として含めている。土地利用変化を考慮することは、例えば皆伐等の GHG 排出にとってマイナスの土地利用変化が起きた場合には GHG 排出削減の目標を満たさないことをモデルにより示すことができるため、重要である。

また、持続可能な経営が行われている森林からのバージンウッドであることを効率的・効果的に保証する仕組みの構築についても追加的な議論が行われている。FSC や PEFC による認証がベースとなるが、それらの認証が得られていない小規模林地には柔軟な手法が用意されている(UK の森林管理における持続可能性基準-Category B アプローチ)。エビデンスの要件として、『サプライチェーンマネジメントに関する要件』、『森林管理に関する要件』があり、サプライチェーンの明確化や、森林に関する情報提供、合法性・持続可能性の要件等について記されている。

その他の欧州諸国では、生産場所に関する規制の例がある。例えばイタリアのいくつかの地域では、財政支援は、発電場所から50km以内の地域材を50-70%以上利用している発電所に制限するといった規制が存在する。その他の例としては、ベルギー等いくつかの EU 加盟国において、再生可能エネルギー生産にバイオエネルギーを用いた場合は GHG 排出削減量に応じてインセンティブを与えるといったものがある。

以上のような国際動向から、これまで、木質バイオマスエネルギーについては、「量の拡大」が政策目的の中心であったが、持続可能性等を考慮した「質の向上」に貢献することが求められており、今後、我が国の政策においても柔軟に対応する必要がある。

表 2-51　GBEP のバイオエネルギー持続可能性指標

分野	指標
環境	1　ライフサイクル温室効果ガス排出量 2　土壌質 3　木質資源の採取水準 4　大気有害物質を含む非温室効果ガスの排出量 5　水利用と効率性 6　水質 7　生物多様性 8　バイオ燃料の原料生産に伴う土地利用と土地利用変化
社会	9　新たなバイオエネルギー生産のための土地分配と土地所有権 10　国内の食料価格と食料供給 11　所得の変化 12　バイオエネルギー部門の雇用 13　バイオマス収集のための女性・児童の不払い労働時間 14　近代的エネルギーサービスへのアクセス拡大のためのバイオエネルギー 15　屋内煤煙による死亡・疾病の変化 16　労働災害，死傷事故件数
経済およびエネルギー安全保障	17　生産性 18　純エネルギー収支 19　粗付加価値 20　化石燃料消費および伝統的バイオマス利用の変化 21　職業訓練および再資格取得 22　エネルギー多様性 23　バイオエネルギー供給のための社会資本および物流 24　バイオエネルギー利用の容量と自由度

【出典】農林水産政策研究所、“国際バイオエネルギー・パートナーシップ(GBEP)のバイオエネルギー持続可能性指標” http://www.maff.go.jp/primaff/kw/pdf/primaffreview2011-43-4.pdf

第3章 木質バイオマス LCA 計算ツールの作成

3.1 はじめに

3.1.1 背景及び目的

冒頭 1.1 で述べた昨今の状況、政府の取組方針から、簡便な LCA 計算ツールを作成し、適切な木質バイオマス燃料の選択と実需拡大を目的とする。作成した LCA 計算ツールはウェブ上で一般公開し、木質バイオマスの環境価値を利用者自らが把握できるものとする。

3.1.2 計算ツールを使用することの意義

計算ツールを使用することで、以下の効果、メリットが期待される。

(1) 木質バイオマス燃料の普及啓発・実需拡大

計算ツールの利用者自ら※1が、木質バイオマス燃料の環境価値を把握※2することで、製品の PR や木質バイオマス燃料の適切な選択、需要拡大に繋がることが期待される。

※1 計算ツールの利用者として、木質バイオマス燃料製造事業者を想定している。

※2 計算ツールでの温室効果ガス排出量の計算結果は、本事業のケーススタディの結果と比較することができる。

(2) 木質バイオマス燃料製造事業者の自助努力の促進

計算ツールを利用することで、木質バイオマス燃料の製造・販売に関わるプロセスのどの部分で多くのエネルギーや消耗品を投入し、温室効果ガス(以降、「GHG」とする。)がどの程度排出されているかを把握することができる。本事業でのケーススタディと比較することで、プロセスの評価・見直し、事業性の改善に繋がることが期待される。

3.2 計算ツールの利用方法

以下に計算ツールの取扱説明書（http://www.mori-energy.jp/lca.html からダウンロード可能）の一部分を抜粋し、計算ツールの利用方法について説明する。

3.2.1 計算ツールにおける木質バイオマスの LCA の基本的な考え方

計算ツールにおける木質バイオマスの LCA の基本的な考え方を表 3-1 にまとめた。

表 3-1　計算ツールの基本的な考え方等

項目	内容
対象製品	主として木質バイオマス燃料のうち、薪、チップ、ペレット
対象事業者	木質バイオマス燃料製造事業者
機能単位	木質バイオマス燃料 1 GJ 相当
データ収集期間	季節変動等の影響を除外するため、直近 1 年間のデータを基本とします。 ※データの入手が困難な場合、1 年未満でも良いものとする。
インベントリ分析方法	積み上げ法を基本のデータ収集方法とする。
原単位データ	LCI データベース IDEA ver.1.0 開発：産業技術総合研究所、産業環境管理協会 参照：MiLCA ガイドブック （http://milca-milca.net/download-files/MiLCA_Guidebook.pdf） ※引用データは LCA 原単位の一例であり、ユーザーは LCA 原単位の精度を理解して利用することが必要とされている。 ※本事業で得られた一部のデータについて事業者に了承を得、活用しています。
システム境界	計算ツールユーザーの取得可能なデータにより変わるが、本計算ツールでは原材料調達から製品輸送まで対応できる（図 3-1）。
評価する影響領域	地球温暖化
評価する環境負荷物質	CO_2、CH_4、N_2O
動作環境	OS：WindowsXP, Windows vista, Windows7 Microsoft Excel：Excel 2007～2010

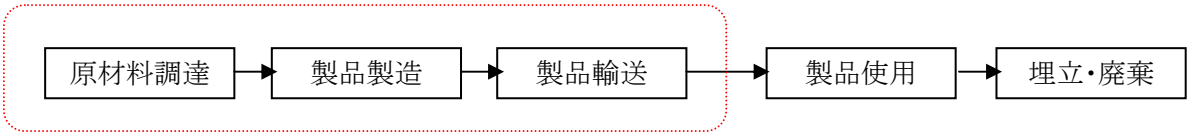


図 3-1　計算ツールで対応できるシステム境界（赤点線枠内）

3.2.2 計算ツールを使用した温室効果ガス排出量の算出フロー

以下の Step1～5 に沿って、木質バイオマス燃料の温室効果ガス排出量を算出する。

Step1：計算ツール（Microsoft Excel）のダウンロード

計算ツールを下記 URL からダウンロードする。

http://www.mori-energy.jp/lca.html

Step2：計算ツールの閲覧、必要情報の確認

計算ツールをダウンロード後、ファイルを開き、必要な入力情報を確認する。

Step3：必要情報の収集

必要な入力情報を収集する。

Step4：計算ツールへの必要情報の入力

必要な入力情報を計算ツールへ入力する。

Step5：計算結果の取得

Step1～4 が完了すれば、「出力」シートで木質バイオマス燃料の温室効果ガス排出量の算出結果等を確認することができる。

3.2.3 計算ツールのシートの構成

計算ツールは、以下の 4 つのシートから構成されている。

(1) 「調査票」シート

主となる入力シートで、入力箇所に必要となる情報を入力する。

(2) 「調査票（丸太）」シート

自社で木質バイオマス燃料の原材料となる丸太を生産している場合に、収集データを入力するシート。

(3) 「調査票（副産物）」シート

自社で木質バイオマス燃料の原材料となる副産物（プレーナー屑等）を生産している場合に、収集データを入力するシート。

(4) 「出力」シート

(1)～(3)に必要事項をすべて入力した後、本シートに計算結果が表示される。

3.2.4 計算ツールの入力手順

データ入力時の注意点は以下のとおりである。

・入力セルは、水色および薄黄色のセルで、その他のセルの編集はしない。

・水色のセルには直接入力、薄黄色のセルはリストから選択する。

※該当する入力項目がリストに無く、「選択リストにない場合、直接入力して下さい。」というコメントが付いている場合は、直接入力する。

※単位に注意のうえ、各値を入力・選択する。

(1) 「調査票」シート

「調査票」シートでは以下の項目について入力する(参照　図 3-2)。

① 基本情報

【貴社名】、【工場所在地】、【担当者】、【連絡先】、【計算に使用するデータの期間】について入力する。

② 木質製品（燃料）のシステム境界

自社でデータを保有しているプロセスについて「有」、「無」を選択する。

※『システム境界』とは、製品システムと、環境又は他の製品システムとの境界のことで、システム境界の内側のプロセスは LCA のデータ収集・解析の対象になる。各プロセスで「無」を選択した場合、システム境界外となる。

③ 製品に関して（製品種）

「計算に使用するデータの期間」における、【製造製品】、【製造量】、【売上】について選択・入力する。

④ 製品に関して

製造している木質バイオマス燃料の【主な樹種】、【原材料】、【原材料投入量】、【含水率(湿量基準)※1】、【乾量基準高位発熱量※2】について選択・入力する。

※1　0～100%の範囲で入力すること。

※2　不明の場合、広葉樹であれば「20.8」MJ/dry-kgを、針葉樹であれば「19.8」MJ/dry-kgを入力する。

⑤ 製品に関して

自社で丸太生産・輸送を行っているかどうかを選択する(【はい】もしくは【いいえ】)。

【はい】と答えた方は、下記のハイパーリンクをクリックして『調査票(丸太)』シートに移動し、必要事項を入力する。入力内容については「(2)「調査票(丸太)」シート」項を参照する。

【いいえ】と答えた方は、次の設問に進む。

ここをクリックすれば、『調査票(丸太)シート』へ移動できます。

⑥ 製品に関して

木質製品（燃料）の原材料として、木材加工の過程で出る副産物を使用しているかどうか選択する（【はい】もしくは【いいえ】）。

【はい】と答えた方は、下記のハイパーリンクをクリックして『調査票（副産物）』シートに移動し、必要事項を入力する。入力内容については「(3)「調査票（副産物）」シート」項を適宜参照する。

【いいえ】と答えた方は、次の設問に進む。

ここをクリックすれば、『調査票（副産物）シート』へ移動できます。

⑦ 製品に関して

⑥で『いいえ』と答えた方は、原材料（副産物）の GHG 排出量値について、デフォルト値（既往の研究を基にした推計値もしくは本事業での調査結果）を使用するかどうかを選択する（【デフォルト値を使用する】もしくは【デフォルト値を使用しない】）。

※『デフォルト値を使用しない』と答えた方の計算結果は、原材料の製造・輸送プロセスは評価対象外として算出することになる。

⑧ 製品に関して

工場全体で使用する燃料、消耗品について該当する【大分類】、【小分類】、【用途】、【単位】を選択し、指定した【単位】で、それらの【使用量】を入力する。また、輸送に関する事項（購入先⇒（製造）工場）として、【燃料、消耗品の調達手段】、【輸送距離】、【積載率】、【復路の追加※1】を選択・入力する。選択・入力するデータは、「計算に使用するデータの期間」と同一期間での実績値を入力する。

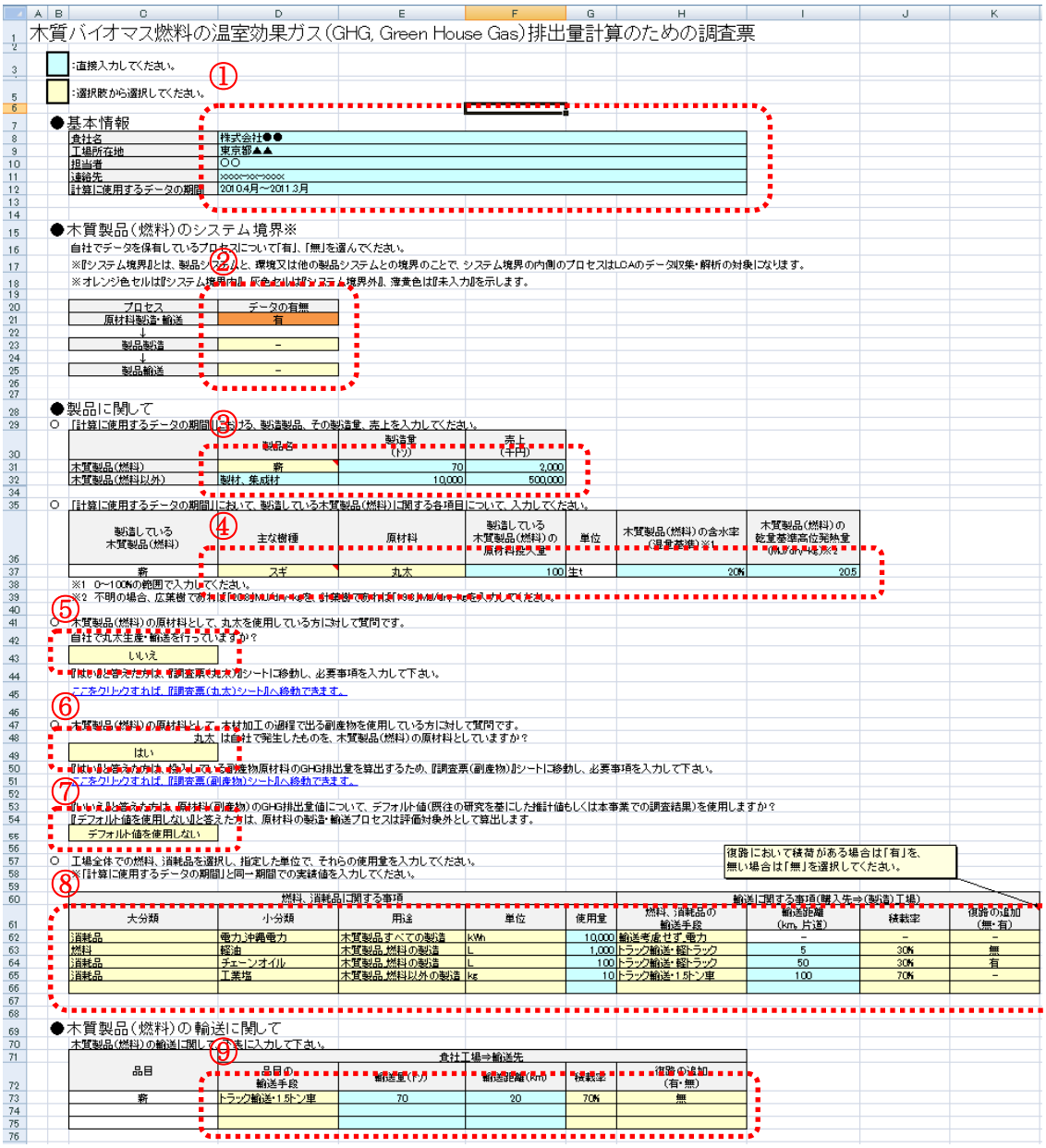
※1 復路において積荷がある場合は「有」を、無い場合は「無」を選択する。

⑨ 木質製品（燃料）の輸送に関して

木質製品（燃料）の輸送について該当する【調達手段】、【輸送量※1】、【輸送距離】、【積載率】、【復路の追加※2】を選択・入力する。

※1 輸送量の単位は「ﾄﾝ」とする。

※2 復路において積荷がある場合は「有」を、無い場合は「無」を選択する。



木質バイオマス燃料の温室効果ガス(GHG, Green House Gas)排出量計算のための調査票

:直接入力してください。

:選択肢から選択してください。

①

●基本情報

会社名	株式会社●●
工場所在地	東京都▲▲
担当者	○○
連絡先	××××-××-××××
計算に使用するデータの期間	2010.4月～2011.3月

●木質製品(燃料)のシステム境界※

自社でデータを保有しているプロセスについて「有」、「無」を選んでください。

※『システム境界』とは、製品システムと、環境又は他の製品システムとの境界のことで、システム境界の内側のプロセスはLCAのデータ収集・解析の対象になります。

※オレンジ色セルは『システム境界内』、『色なし』は『システム境界外』、薄黄色は『未入力』を示します。

②

プロセス	データの有無
原材料製造・輸送	有
↓	
製品製造	-
↓	
製品輸送	-

●製品に関して

○ 『計算に使用するデータの期間』における、製造製品、その製造量、売上を入力してください。

③

	製品名	製造量(t)	売上(千円)
木質製品(燃料)	薪	70	2,000
木質製品(燃料以外)	製材、集成材	10,000	500,000

○ 『計算に使用するデータの期間』において、製造している木質製品(燃料)に関する各項目について、入力してください。

④

製造している木質製品(燃料)	主な樹種	原材料	製造している木質製品(燃料)の原材料投入量	単位	木質製品(燃料)の含水率(湿量基準)※1	木質製品(燃料)の乾量基準高位発熱量(MJ/kg-dry)※2
薪	スギ	丸太	100	生t	20%	20.5

※1 0～100%の範囲で入力してください。

※2 不明の場合、広葉樹であれば19.9MJ/kg-dry、針葉樹であれば21.6MJ/kg-dryを入力してください。

⑤

○ 木質製品(燃料)の原材料として、丸太を使用している方に対して質問です。

自社で丸太生産・輸送を行っていますか?

いいえ

『はい』と答えた方は、『調査票(丸太)』シートに移動し、必要事項を入力して下さい。

ここをクリックすれば、『調査票(丸太)』シートに移動できます。

⑥

○ 木質製品(燃料)の原材料として、木材加工の過程で出る副産物を使用している方に対して質問です。

丸太 は自社で発生したものを、木質製品(燃料)の原材料としていますか?

はい

『はい』と答えた方は、使用している副産物原材料のGHG排出量を算出するため、『調査票(副産物)』シートに移動し、必要事項を入力して下さい。

ここをクリックすれば、『調査票(副産物)』シートに移動できます。

⑦

『いいえ』と答えた方は、原材料(副産物)のGHG排出量値について、デフォルト値(既往の研究を基にした推計値もしくは本事業での調査結果)を使用しますか?

『デフォルト値を使用しない』と答えた方は、原材料の製造・輸送プロセスは評価対象外として算出します。

デフォルト値を使用しない

○ 工場全体での燃料、消耗品を選択し、指定した単位で、それらの使用量を入力してください。

※『計算に使用するデータの期間』と同一期間での実績値を入力してください。

⑧

復路において積荷がある場合は「有」を、無い場合は「無」を選択してください。

燃料、消耗品に関する事項					輸送に関する事項(購入先⇒(製造)工場)			
大分類	小分類	用途	単位	使用量	燃料、消耗品の輸送手段	輸送距離(km, 片道)	積載率	復路の追加(無・有)
消耗品	電力,沖縄電力	木質製品すべての製造	kWh	10,000	輸送考慮せず_電力	-	-	-
燃料	軽油	木質製品,燃料の製造	L	1,000	トラック輸送・軽t-トラック	5	30%	無
消耗品	チェーンオイル	木質製品,燃料の製造	L	100	トラック輸送・軽t-トラック	50	30%	有
消耗品	工業塩	木質製品,燃料以外の製造	kg	10	トラック輸送・1t-トン車	100	70%	-

●木質製品(燃料)の輸送に関して

木質製品(燃料)の輸送に関して下記に入力して下さい。

⑨

品目	食材工場⇒輸送先				
	品目の輸送手段	輸送量(t/y)	輸送距離(km)	積載率	復路の追加(有・無)
薪	トラック輸送・1t-トン車	70	20	70%	無

図 3-2 「調査票」シート

(2) 「調査票（丸太）」シート

「調査票（丸太）」シートは、自社で生産・輸送した丸太の GHG 排出量を算定するためのシートである。該当する方は、以下の項目について入力する。合わせて適宜、図 3-3 を参照すること。

① 基本情報

【計算に使用するデータの期間】、【データに対応する林地の面積（ha）】、【素材生産量（㎥）】、【素材生産量（生トン）】について入力する。

※指定した単位に合わせてデータを入力する。

② 丸太の主な樹種、生材密度、生産割合

生産・輸送している丸太の主な【樹種】、【生産割合】について選択・入力する。

③ 燃料及び消耗品

丸太を生産するために使用している【品目】（燃料および消耗品）を選択し、その【使用量】を入力する。

※ 単位は「L（リットル）」とする。

※ 入力データの期間は①の「計算に使用するデータの期間」と合わせる。

④ 丸太輸送に関する入力表

生産・輸送している丸太の輸送について【輸送量※1】、林地～製造工場までの【調達手段】、【輸送距離】、【積載率】、【復路の追加※2】を選択・入力する※3。

※1 輸送量の単位は「トン」とする。

※2 復路において積荷がある場合は「有」を、無い場合は「無」を選択する。

※3 入力データの期間は①の「計算に使用するデータの期間」と合わせる。

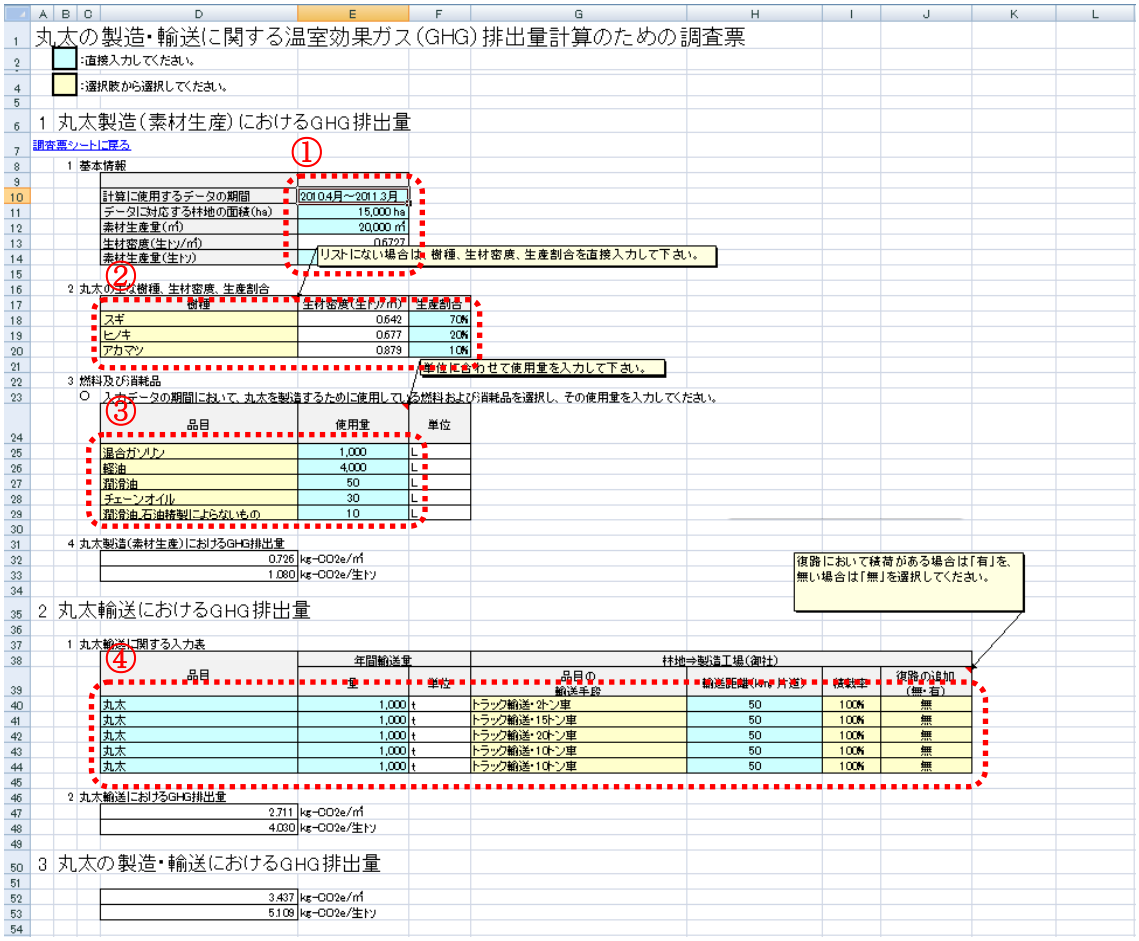


図 3-3 「調査票（丸太）」シート

(3) 「調査票（副産物）」シート

「調査票(副産物)」シートは、木質製品(燃料)の原材料として、自社工場で発生する副産物のGHG排出量を算定するためのシートである。該当する方は、以下の項目について入力する。合わせて、適宜、図 3-4 を参照すること。

① 副産物および副産物を得るために投入している主産物に関して

【分類】、【主産物・副産物の種類】を選択する。また、【かさ比重(トン/m^3)※1】、【歩留まり※2】、【単価(円)※1、※3】

※1 指定した単位に合わせてデータを入力する。

※2 合計が「1」となるように入力する。その際、重量での歩留まり値とすること。

※3 単位は主産物・副産物でそろえる。

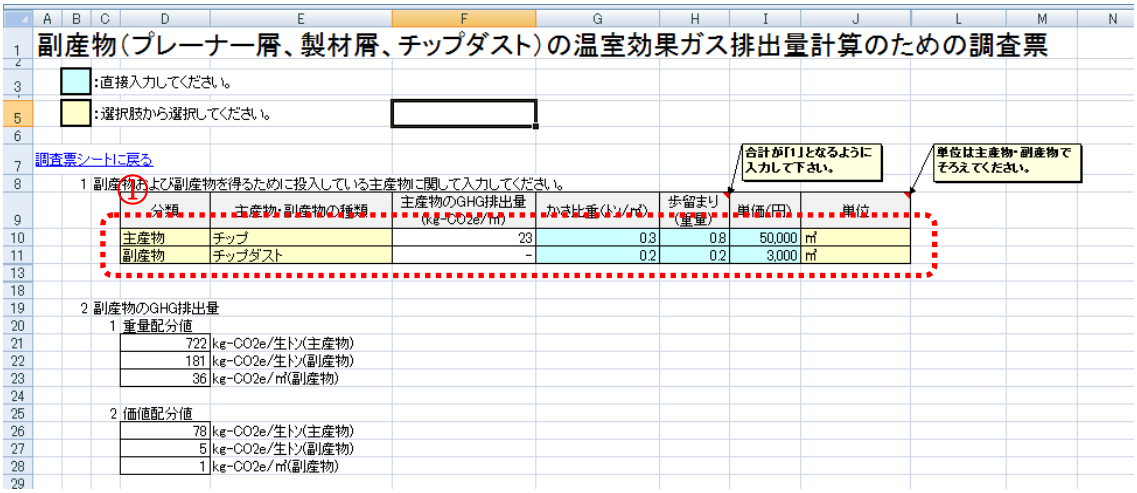


図 3-4　「調査票（副産物）」シート

3.2.5 温室効果ガス排出量の評価

(1) 温室効果ガス排出量の算定方法

① 基本的な算定方法

温室効果ガス排出量は、下式により算定する。

温室効果ガス排出量 ＝ Σ｛(活動量 × 排出原単位)× GWP｝

地球温暖化係数（GWP、Global Warming Potential）は、IPCC 第 2 次報告書に記載された数値（表 3-2）を使用している。

※地球温暖化係数：温室効果ガスの温室効果をもたらす程度を、二酸化炭素の当該程度に対する比で示した係数のこと。

表 3-2　地球温暖化に関する特製化係数（GWP）

温室効果ガス	第 2 次報告書	第 4 次報告書		
	100 年係数	20 年係数	100 年係数	500 年係数
二酸化炭素（CO_2）	1	1	1	1
メタン（CH_4）	21	72	25	7.6
亜酸化窒素（N_2O）	310	289	296	153

【出典】IPCC 第 4 次報告書

② 配分について

配分とは、1 つのプロセスから 2 つ以上の製品が生産される時、プロセスへ投入される物質やエネルギー、ならびにプロセスから排出される物質をそれぞれの製品に分けることである。

LCA の実施規則を定めた ISO14044 によると、配分（巻末の『用語の説明』を参照）について、まずは単位プロセスの細分化をするなどして回避することとされているが、回避できない場合、一つのプロセスから生産される複数の製品に対しては、方法を明確に説明した上で各製品へ環境負荷量を配分する必要があるとされている。

LCA の原則及び枠組みを定めた ISO14041 では配分の手順として、以下の優先順位に基づく手法を推奨している。

＜参考：配分の手順（ISO14041）＞

（1）配分を回避する

・単位プロセスの細分化

・システム境界の拡張（代替システム）

（2）物理的パラメータ（質量、発熱量など）による配分

（3）製品および機能間のその他の関係を反映する方法

本計算ツールでは、配分が必要な場合、重量基準および価値基準による配分結果が計算されるようになっている。

(2) 温室効果ガス排出量の評価

「出力」シートには、入力情報を基に計算された結果が出力される。また、本事業で調査した薪、チップ、ペレットの温室効果ガス排出量値を確認することができる。図 3-5、図 3-6 と合わせて誤入力等がないか、下記事項を確認する必要がある。

① 事業者概要

誤入力がないか確認する。誤入力があった場合、「調査票」シートに戻り、再度入力すること。

② 製造している木質製品（燃料）

誤入力がないか確認する。誤入力があった場合、「調査票」シートに戻り、再度入力すること。

③ システム境界

誤入力がないか確認する。誤入力があった場合、「調査票」シートに戻り、再度入力すること。

※オレンジ色セルは『システム境界内』、灰色セルは『システム境界外』、薄黄色は『未入力』を示す。

④ フォアグラウンドデータ

フォアグラウンドデータとは、LCA 実施者が直接収集・測定可能な素材やエネルギーの使用量や製品の生産量などのデータであり、調査対象の製品やサービスに直接的に関与するデータのことである。

本計算ツールでは、配分が必要である場合、製品の経済的パラメータ(売上)、物理的パラメータ(重量もしくは材積)で配分した結果表を示す。表中の記載事項、数値について、誤入力がないか確認し、誤入力があった場合、該当するシートに戻り、再度入力すること。

⑤ 木質バイオマス燃料 1GJ 当たりの温室効果ガス排出量

本計算ツールで計算した結果である。プロセスごとの木質バイオマス燃料 1GJ当たりの温室効果ガス排出量を表およびグラフとして示している。

⑥ 【参考】H23 年度林野庁事業における薪 1GJ 当たりの温室効果ガス排出量

本事業における薪 1GJ当たりの温室効果ガス排出量である。比較参考値として適宜、参照すること。

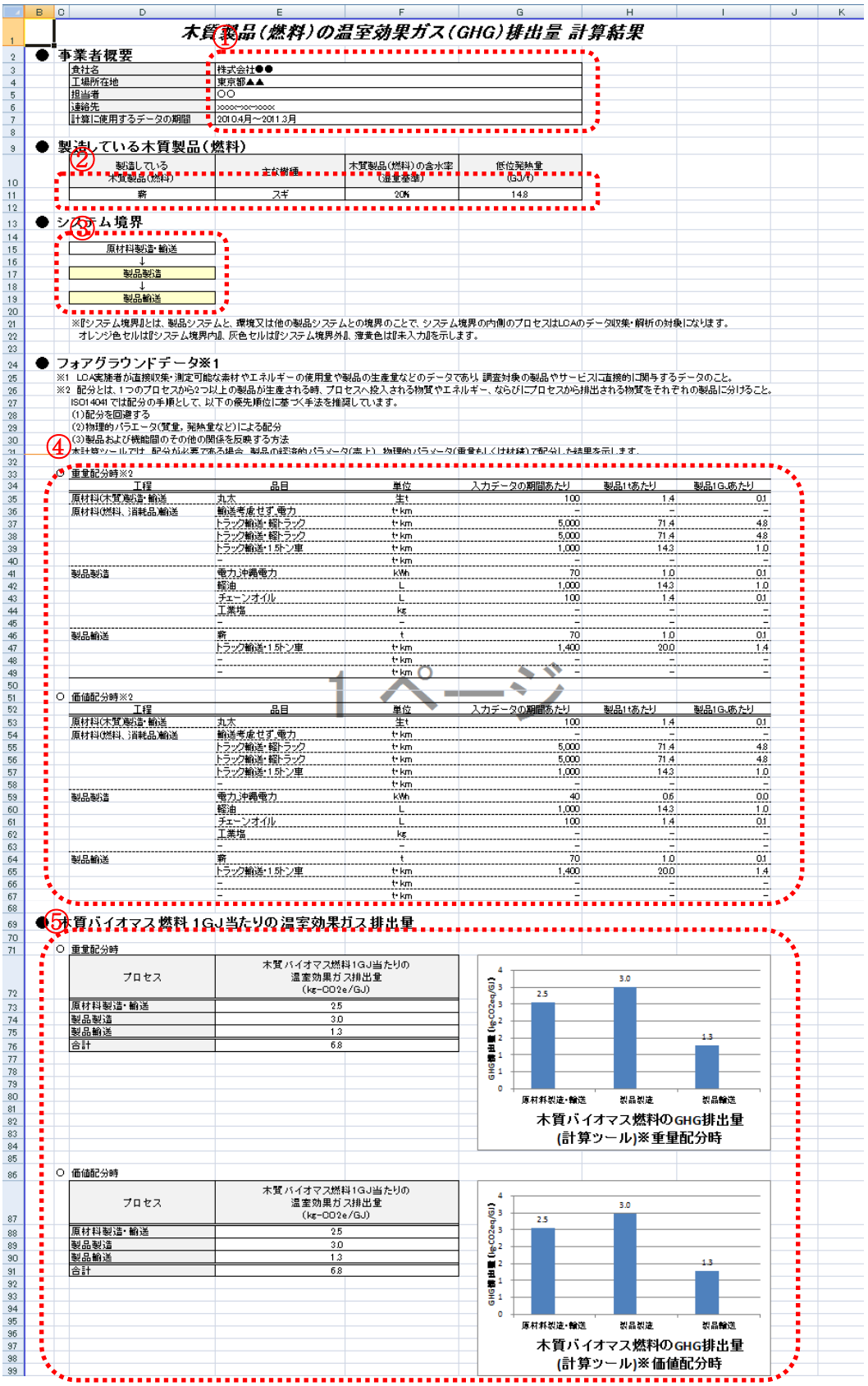
⑦ 【参考】H23 年度林野庁事業におけるチップ 1GJ 当たりの温室効果ガス排出量

本事業におけるチップ 1GJ当たりの温室効果ガス排出量である。比較参考値として適宜、参照すること。

⑧ 【参考】H23 年度林野庁事業におけるペレット 1GJ 当たりの温室効果ガス排出量

本事業におけるペレット 1GJ当たりの温室効果ガス排出量である。比較参考値として適宜、参照すること。なお、⑥～⑧の結果の詳細については、本事業で作成した報告書に記載しており、下記 URL から報告書データをダウンロードすることができる。

http://www.mori-energy.jp/lca.html



木質製品（燃料）の温室効果ガス（GHG）排出量 計算結果

① 事業者概要

会社名	株式会社●●
工場所在地	東京都▲▲
担当者	○○
連絡先	xxxx-xx-xxxx
計算に使用するデータの期間	2010.4月～2011.3月

② 製造している木質製品（燃料）

製造している木質製品（燃料）	主な樹種	木質製品（燃料）の含水率（湿量基準）	低位発熱量（GJ/t）
薪	スギ	20%	14.8

③ システム境界

原材料製造・輸送
↓
製品製造
↓
製品輸送

※「システム境界」とは、製品システムと、環境又は他の製品システムとの境界のことで、システム境界の内側のプロセスはLCAのデータ収集・解析の対象になります。
オレンジ色セルは「システム境界内」、灰色セルは「システム境界外」、薄黄色は「未入力」を示します。

フォアグラウンドデータ※1

※1 LCA実施者が直接収集・測定可能な素材やエネルギーの使用量や製品の生産量などのデータであり、調査対象の製品やサービスに直接的に関与するデータのこと。
※2 配分とは、1つのプロセスから2つ以上の製品が生産される時、プロセスへ投入される物質やエネルギー、ならびにプロセスから排出される物質をそれぞれの製品に分けること。
ISO14041では配分の手順として、以下の優先順位に基づく手法を推奨しています。
(1)配分を回避する
(2)物理的パラメータ(質量，発熱量など)による配分
(3)製品および機能間のその他の関係を反映する方法
④ 本計算ツールでは、配分が必要である場合、製品の経済的パラメータ(売上)、物理的パラメータ(重量もしくは材積)で配分した結果を示します。

○ 重量配分時※2

工程	品目	単位	入力データの期間あたり	製品1tあたり	製品1GJあたり
原材料(木質)製造・輸送	丸太	生t	100	1.4	0.1
原材料(燃料、消耗品)輸送	輸送考慮せず_電力	t･km	–	–	–
	トラック輸送・軽トラック	t･km	5,000	71.4	4.8
	トラック輸送・軽トラック	t･km	5,000	71.4	4.8
	トラック輸送・1.5トン車	t･km	1,000	14.3	1.0
	–	t･km	–	–	–
製品製造	電力_沖縄電力	kWh	70	1.0	0.1
	軽油	L	1,000	14.3	1.0
	チェーンオイル	L	100	1.4	0.1
	工業塩	kg	–	–	–
	–	–	–	–	–
製品輸送	薪	t	70	1.0	0.1
	トラック輸送・1.5トン車	t･km	1,400	20.0	1.4
	–	t･km	–	–	–
	–	t･km	–	–	–

○ 価値配分時※2

工程	品目	単位	入力データの期間あたり	製品1tあたり	製品1GJあたり
原材料(木質)製造・輸送	丸太	生t	100	1.4	0.1
原材料(燃料、消耗品)輸送	輸送考慮せず_電力	t･km	–	–	–
	トラック輸送・軽トラック	t･km	5,000	71.4	4.8
	トラック輸送・軽トラック	t･km	5,000	71.4	4.8
	トラック輸送・1.5トン車	t･km	1,000	14.3	1.0
	–	t･km	–	–	–
製品製造	電力_沖縄電力	kWh	40	0.6	0.0
	軽油	L	1,000	14.3	1.0
	チェーンオイル	L	100	1.4	0.1
	工業塩	kg	–	–	–
	–	–	–	–	–
製品輸送	薪	t	70	1.0	0.1
	トラック輸送・1.5トン車	t･km	1,400	20.0	1.4
	–	t･km	–	–	–
	–	t･km	–	–	–

1ページ

⑤ 木質バイオマス燃料1GJ当たりの温室効果ガス排出量

○ 重量配分時

プロセス	木質バイオマス燃料1GJ当たりの温室効果ガス排出量（kg-CO2e/GJ）
原材料製造・輸送	2.5
製品製造	3.0
製品輸送	1.3
合計	6.8

○ 価値配分時

プロセス	木質バイオマス燃料1GJ当たりの温室効果ガス排出量（kg-CO2e/GJ）
原材料製造・輸送	2.5
製品製造	3.0
製品輸送	1.3
合計	6.8

図 3-5 「出力」シート（その 1）

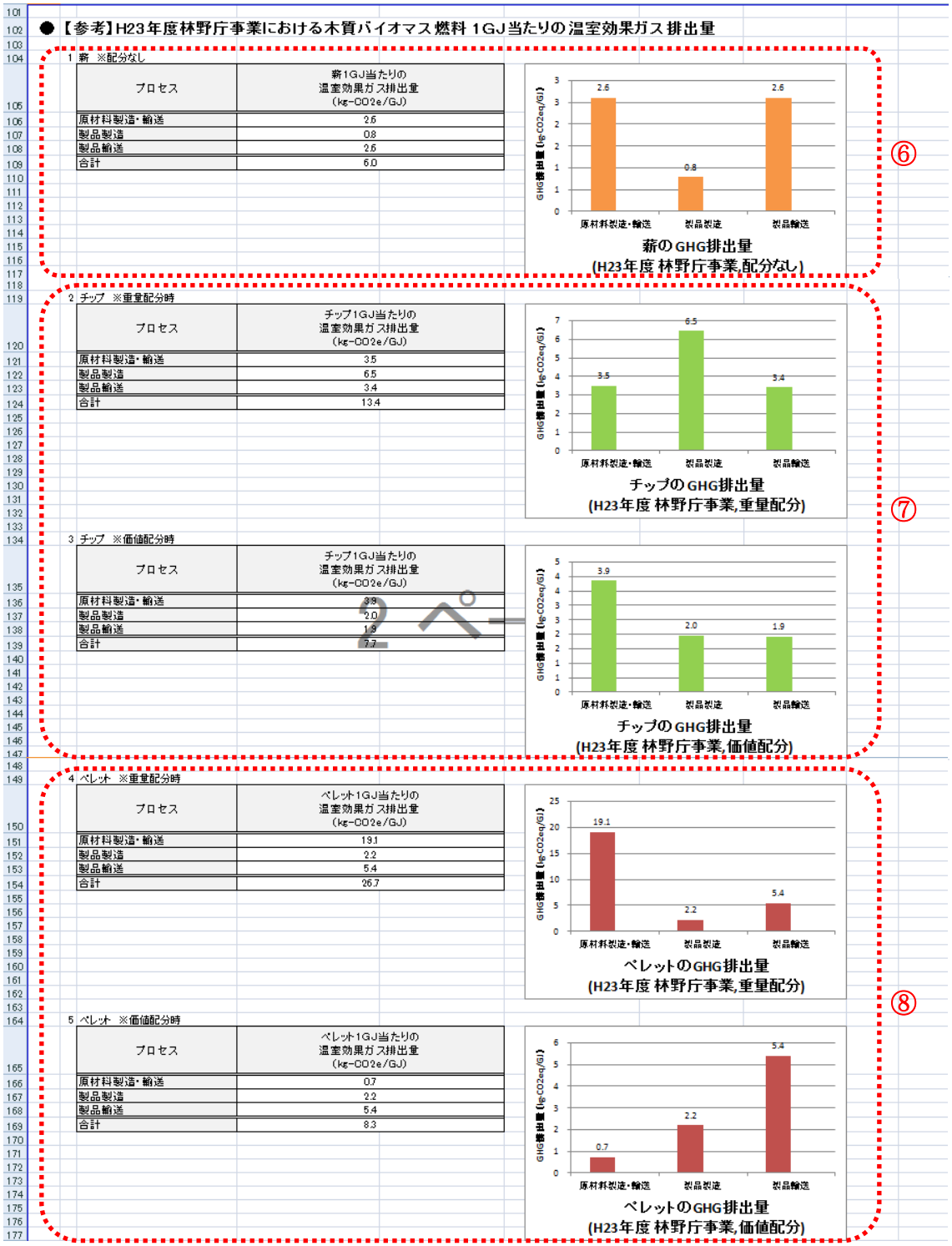


図 3-6 「出力」シート（その 2）

3.3 活用可能な LCI データベースおよび計算ツールの紹介

3.3.1 国内

計算ツールでは、LCA 計算支援ソフト MiLCA 付属の LCI データベースである IDEA ver.1.0 ((社)産業環境管理協会)を使用たが、それ以外に表 3-3 に示すデータベースがある。使用する LCI データベースによってはデータが古いものもあるため、LCA 実施者はそれらの状況に配慮し最新のデータを活用することが望まれる。

表 3-3 活用可能な各種 LCI（ライフサイクルインベントリ）データベースの概要 [6)]

名称	開発者	データベースの概要	備考
MiLCA	産業環境管理協会	初期状態で登載されるインベントリデータベース(IDEA)は、3000 以上のプロセスデータを標準搭載されている(世界最大級)。MiLCA では、インベントリ分析、影響評価、統合化など、基本的な LCA に必要な計算機能が利用可能で、より簡易に LCA ができる。 http://www.milca-milca.net/	有償・無償あり ※無償版は機能制限あり
LCA 日本フォーラム	52 工業会(産業環境管理協会で管理)	52 工業会から自主的に提供された「Gate to Gate」のインベントリデータ約 250 品目、LCA プロジェクトで収集した調査インベントリデータ約 300 品目、環境排出物質 14(CO_2、CH_4、HFC、PFC、N_2O、SF_6、NOx、SOx、BOD、COD、煤塵、全リン、全窒素、懸濁物質)を収録している。 http://lca-forum.org/	会員のみ閲覧可能
Simple LCA	産業環境管理協会	製品グリーンパフォーマンス高度化推進事業(経済産業省)において、(独)産業技術総合研究所と(社)産業環境管理協会が共同開発した LCA 支援ソフトウェア。入門用、教育用としての利用を目的とし、「JEMAI-LCA Pro」の機能を削減しつつも、操作性の向上を図っている。 http://www.jemai.or.jp/CACHE/lca_details_lcaobj197.cfm	無償
JEMAI-LCA Pro	産業環境管理協会	製品が環境に与える影響を定量的に評価する「LCA 手法」を実践するための支援ソフトウェア。バックグラウンドデータとして活用できるデータを約 500 項目付属し、環境影響評価手法として「日本版被害算定型環境影響評価手法(LIME)」を取り入れると共に、「LCA 調査報告書」作成支援機能も具備している。 http://www.jemai.or.jp/CACHE/lca_details_lcaobj6.cfm	有償
3EID	国立環境研究所	「産業連関表」を用いて算出した“環境負荷原単位”を収録したデータブック。部門別の燃料消費量や排出係数などの算定に要した種々のデータを含めて公開しているため，算定の根拠となる諸数値を確認できるだけでなく、ハイブリッド LCA など利用者が産業連関表を独自に拡張した分析を行う場合にも利用可能。 http://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/jpn/index_j.htm	無償
Easy LCA	東芝	製品の設計時に製品の環境影響を定量評価し、科学的に分析・改善に結び付けていくライフサイクルアセスメント (LCA)を効率的に実施する支援ツール。機能として、①製品のユニット別、部品別に環境負荷量を定量評価、②旧製品と新製品の比較機能、③CO_2・NOx・SOx をはじめ、30 種類のインベントリ評価、④インパクト評価がある。 http://www.toshiba-tpsc.co.jp/eco/daiko/index.htm	有償

3.3.2 海外

海外については、利用可能なデータベースが政府機関等から公表されている場合はそれを利用することができる。しかし、わが国ほど LCI データベースが整備されていない状況が多く、産業連関表の整備状況も国によってまちまちであり、わが国の産業連関表で算定した結果と単純に比較検討することは難しいと考えられる。

表 3-4 LCA データベースの開発例

国	LCI データベース
タイ	MTEC（National Metal and Materials Technology）
マレーシア	SIRIM（Standards and Industrial Research Institute of Malaysia）

参考資料

1) 伊坪徳宏,稲葉敦:“LIME2-意思決定を支援する環境影響評価手法”丸善, (2010)
2) (独)産業技術総合研究所、(社)産業環境管理協会:“LCI データベース IDEA ver.1.0” MiLCA ガイドブック
3) 伊坪徳宏,田原聖隆,成田暢彦:“LCAシリーズLCA概論”丸善,(平成19年),pp.73
4) (独)森林総合研究所:“改訂 4 版木材工業ハンドブック” 丸善,(平成 16 年),p59,1037
5) 環境省:バイオ燃料の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン Ver.1.0、http://www.env.go.jp/earth/ondanka/biofuel/materials/LCAguideline.html
6) LCA 日本フォーラム:LIME2 係数リストの解説(要約版),平成 22 年 http://www.jemai.or.jp/lcaforum/pdf/LIME2expository20100701.pdf
7) Tahara K., Inaba A., Yamada K., Hattori N., Noguchi T.,Terazawa K., Kutani M.:”Fourth SETAC world congress”,Portland, (2004)
8) 国土交通省:“自動車燃費一覧”(2012-1-5) http://www.mlit.go.jp/common/000111195.pdf
9) (社)産業環境管理協会:“LCI データベース IDEAver.1.0.6”(MiLCA ガイドブック)
10) 藤原敬:輸送エネルギー消費原単位の検討 http://woodmiles.net/pdf/kn006.pdf
11) (社)木材加工技術協会:世界の有用木材 300 種, 1975
12) 財団法人シップ・アンド・オーシャン財団:船舶からの温室効果ガス(CO_2 等)の排出削減に関する調査研究報告書平成, 平成 13 年度
13) 信州大学 マイケル・ノートン、三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング 相川高信、浅田 陽子資料

用語の説明

・エンドポイント

評価項目のこと。LIME2 では、「人間健康」、「社会資産」、「生物多様性」、「一次生産」の 4 つの被害指標が指定されている。

・機能単位

製品システムが提供する機能を定量的に表したもの。これによって、製品システムへの入力・出力データを機能単位当りで表す基準を与える(JIS Q 14040)。対象とする製品やサービスの特定機能(便益)をある単位で定量化したものを言い、例えば、「時間を 10 年間表示する」、「地上を 10 万キロ移動をする」、「A4 の紙 1 万枚をカラーコピーする」、「500[ml]の飲料を保護して消費者に提供する」といった例が挙げられる。

・鉱さい

鉄、ニッケル、クロムなどの鉱物を乾式精錬する際に生じた目的成分以外の溶融物質。

・再生可能エネルギーの固定価格買取制度

「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法案」の別称で、平成 23 年 8 月 26 日に成立し、平成 24 年 7 月 1 日からスタートする。再生可能エネルギー源(太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス)を用いて発電された電気を、一定の期間・価格で電気事業者が買い取ることを義務付ける法律。

資源エネルギー庁ウェブサイト「なっとく！再生可能エネルギー」

http://www.enecho.meti.go.jp/saiene/kaitori/index.html

・産業連関表

国内経済において一定期間(通常1年間)に行われた財・サービスの産業間取引を一つの行列(マトリックス)に示した統計表で、5 年ごと(西暦末尾0及び 5 年の年次)に関係府省庁の共同事業として政府により作成されている。約 500 項目にわたる産業連関表を用いて、部門間の金額ベースのやりとりから特定製品に関わる環境負荷を算定するもので、マクロなレベルで分析できる。

・システム境界

製品システムと、環境又は他の製品システムとの境界(JIS Q 14040)。システム境界の内側のプロセスは LCA のデータ収集・解析の対象になる。

・線源（線汚染源）

道路から排出される大気汚染物質。

・点源（点汚染源）

工場など特定の場所から汚染物質が排出されるような汚染源のこと。

・積み上げ法

製品を生産するプロセスの各段階において使用した資源・エネルギー(インプット)と排出物(アウトプット)を詳細に計算し集計することで環境負荷を求めるもので、環境負荷の原因と実態を明確にするもの。欧米等を中心に検討が進んでおり、現在 ISO では、この積み上げ法を念頭において国際規格化作業が進められている。

・トンキロ法

輸送距離と輸送重量を元に、輸送機関別に設定されている係数を乗じる形で算定する方法。

・配分

1 つのプロセスから 2 つ以上の製品が生産される時、プロセスへ投入される物質やエネルギー、ならびにプロセスから排出される物質をそれぞれの製品に分けること。

・フォアグラウンドデータ

LCA 実施者が直接収集・測定可能な素材やエネルギーの使用量や製品の生産量などのデータであり、調査対象の製品やサービスに直接的に関与するデータ。

・ライフサイクルインベントリ分析

対象とする製品システムに対するライフサイクル全体を通しての入力および出力のまとめ、並びに定量化を行うライフサイクルアセスメントの構成段階。

検討委員会の経緯

本事業での検討委員会の経緯の概略、検討委員会メンバーを以下にまとめた。

第 1 回検討委員会概要

日時	平成 23 年 6 月 1 日(水) 10 時 00 分～12 時 00 分
場所	日本森林技術協会 4 階 中会議室
主な会議内容	・委員長選任 ・協議事項 ・実施計画書(案)について ・意見交換

第 2 回検討委員会概要

日時	平成 23 年 12 月 20 日(火) 14 時 00 分～17 時 30 分
場所	日本森林技術協会 4 階 中会議室
主な会議内容	・協議事項 ・第 1 回検討委員会議事録確認 ・最終報告書の目次案について ・LCA 評価の経過報告 ・LCA 計算ツールの素案について

第 3 回検討委員会概要

日時	平成 24 年 2 月 20 日(月) 14 時 00 分～17 時 00 分
場所	貸教室・貸会議室 内海(うつみ) 301 会議室
主な会議内容	・協議事項 ・第 2 回検討委員会議事録確認 ・最終報告書(案)について ・LCA 計算ツール(Excel)および取扱説明書の案について

検討委員会メンバー

【検討委員・アドバイザー】

名前	第1回	第2回	第3回	所属／役職
服部 順昭 委員長	○	○	○	東京農工大学農学研究院環境資源物質科学部門／教授
玄地 裕 委員	○	○	○	独立行政法人 産業技術総合研究所安全科学研究部門 素材エネルギー研究グループ／研究グループ長
小島 康夫 委員	○	○	○	新潟大学農学部 応用生物化学科 木質バイオマス研究室／教授
古俣　寛隆 委員	○	○	○	地方独立行政法人北海道立総合研究機構森林研究本部 林産試験場利用部 マテリアルグループ
外崎 真理雄 委員	○	○	○	独立行政法人 森林総合研究所　木材特性研究領域 ／木材特性研究領域長
泊 みゆき 委員	○	○	○	NPO法人バイオマス産業社会ネットワーク／理事長
水谷 百合香 アドバイザー	○	○	○	東京農工大学農学研究院環境資源物質科学部門

【オブザーバー】

名前　※敬称略	第1回	第2回	第3回	所属／役職
中村　隆史	○	—	—	林野庁木材利用課／課長補佐
添谷　稔	—	○	—	林野庁木材利用課／課長補佐
河邉　喬	○	○	○	林野庁木材利用課／係長
川上 豊幸	○	○	○	レインフォレスト・アクション・ネットワーク／代表
赤堀 周平	○	○	○	東京農工大学農学部環境資源科学科
大和田　拓馬	—	○	○	東京農工大学農学部環境資源科学科

【事務局】

名前　※敬称略	第1回	第2回	第3回	所属／役職
大場　龍夫 （調査機関）	○	○	○	株式会社森のエネルギー研究所／代表取締役
小出　理博 （調査機関）	○	○	○	株式会社森のエネルギー研究所／チーフアナライザー
長崎　真由 （調査機関）	○	○	○	株式会社森のエネルギー研究所／プランナー
馬場　和彦 （調査機関）	○	○	○	株式会社環境管理センター応用技術部／副部長
小池　航 （調査機関）	○	○	—	株式会社環境管理センター応用技術部／サブチーフ
比良　直美 （調査機関）	○	○	○	株式会社環境管理センター環境ソリューション部／チーフ
佐久間　崇 （調査機関）	—	○	—	株式会社環境管理センター応用技術部／応用技術グループ